

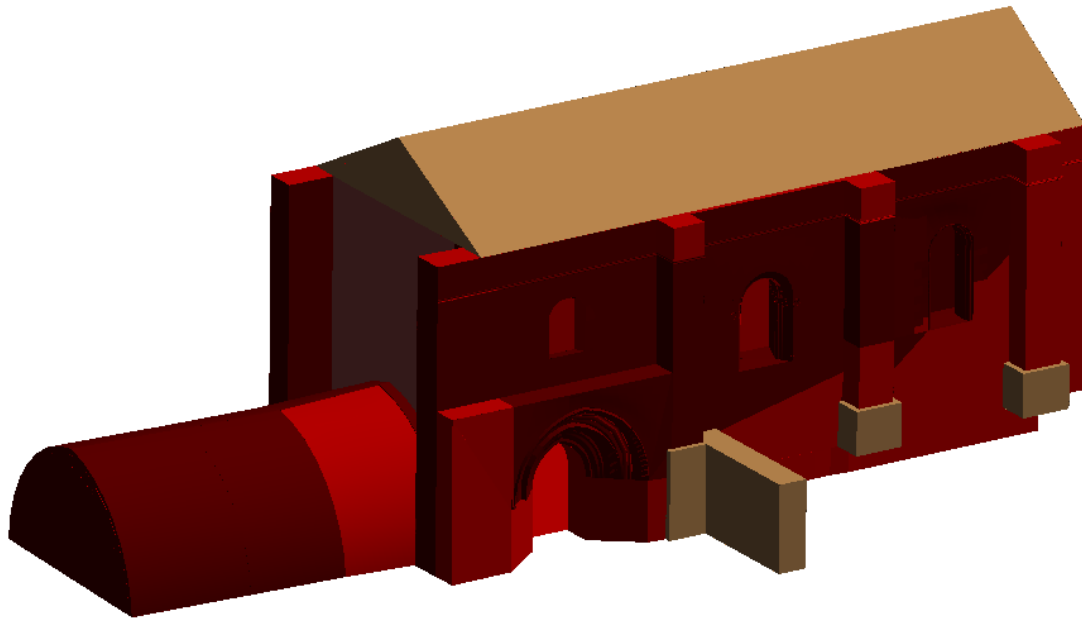


Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών
Τομέας Τοπογραφίας
Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας



University of Basque Country (UPV-EHU)
Laboratory of Geometric Documentation of
Heritage
Group of Investigation of Built Heritage

ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΟΥ ΤΟΥ SAN PRUDENCIO (LA RIOJA, ΙΣΠΑΝΙΑ)



Διπλωματική Εργασία

Γκίντζου Χριστίνα

Επιβλέπων (ΕΜΠ): Καθηγητής Ανδρέας
Γεωργόπουλος

Επιβλέποντες (UPV): Pr. José Manuel Valle Melón
Pr. Álvaro Rodríguez Miranda

Αθήνα, Μάρτης 2012

Η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος ERASMUS και είναι το αποτέλεσμα συνεργασίας του Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και του Εργαστηρίου Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Πολιτιστικής Κληρονομιάς του University of the Basque Country στην πόλη Vitoria Gasteiz (Ισπανία).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας ένα έργο στο οποίο αφοσιώνεται κανείς και καταθέτει κόπο και χρόνο δεν μπορεί παρά να κάνει τον απολογισμό της όλης εργασίας, να κρίνει το αποτέλεσμα καθώς και να αναγνωρίσει τη βοήθεια που του παρασχέθηκε.

Ύστερα από τον απολογισμό, λοιπόν, τόσο της όλης περιόδου κατά την οποία ασχολήθηκα με τη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία, αλλά και συνολικά των φοιτητικών μου χρόνων, των όσων διδάχτηκα στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών και των εμπειριών που αποκόμισα, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με στήριξαν εκπαιδευτικά και ψυχολογικά όλο αυτό τον καιρό.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του ΕΜΠ, Ανδρέα Γεωργόπουλο που με παρότρυνε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα της Διπλωματικής Εργασίας. Με βοήθησε καθ' όλη την ενασχόλησή μου, τόσο κατά το αρχικό στάδιο της Εργασίας που εκπονήθηκε στο εξωτερικό, όσο και κατά την ολοκλήρωσή της στην Αθήνα. Η βοήθειά του δεν έγκειται μόνο στην παροχή θεωρητικής και τεχνικής γνώσης, αλλά και σε επίπεδο ψυχολογικό. Τον ευχαριστώ θερμά για τη συνολική του βοήθεια τα τελευταία τρία χρόνια της φοιτητικής μου ζωής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στους Καθηγητές του UPV/EHU, José Manuel Valle Melón και Álvaro Rodríguez Miranda. Από την αρχή των συζητήσεών μας για αυτή τη συνεργασία έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον και η βοήθειά τους ήταν καθοριστική κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της Διπλωματικής μου Εργασίας στο University of the Basque Country.

Ιδιαίτερη αναφορά και ευχαριστίες οφείλω στον Καθηγητή Αρχαιολογίας και Αρχιτεκτονικής Αποκατάστασης Roberto Parenti για τη βοήθειά του κατά τη συλλογή στοιχείων για το στάδιο της Αποκατάστασης. Στην κατεύθυνση αυτή της συλλογής ιστορικών στοιχείων βοήθησε ιδιαίτερα και η αρχαιολόγος Chiara Maria D'Anna με την οποία συνεργαστήκαμε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας.

Σημαντική βοήθεια κατά την εκπόνηση της Εργασίας αυτής, καθώς και της προσαρμογής μου στην πόλη της Vitoria μου παρείχαν τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Πολιτιστικής Κληρονομιάς του University of the Basque Country. Πιο συγκεκριμένα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Τοπογράφους Μηχανικούς Miguel Moreno González, Pablo Ibáñez de Elejalde και Raquel Méndiz Mateo.

Δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τη συμφοιτήτριά και φίλη μου Δέσποινα Καραβία για τη βοήθεια και τις συμβουλές της, την αδερφή μου Κατερίνα Γκίντζου, τη φίλη Βίκυ Βούλγαρη και λοιπούς φίλους για την ψυχολογική τους κυρίως βοήθεια όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με στήριξε με κάθε τρόπο καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και κυρίως τη γιαγιά μου Χριστίνα Βρυζίδου Μιχαηλίδου και τον παππού μου Ηλία Μιχαηλίδη.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας δύο πανεπιστημίων, του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) και του Πανεπιστημίου της Χώρας των Βάσκων - University of the Basque Country (UPV/EHU). Αποτελεί μέρος του μεγαλύτερου σχεδίου που αφορά στην αποτύπωση του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο στην επαρχία της Ριόχα στην Ισπανία, το οποίο εκπονείται από καθηγητές και φοιτητές του Πανεπιστημίου της Χώρας των Βάσκων με τη συνεργασία πέντε πανεπιστημίων της Ευρώπης (National Technical University of Athens, HafenCity University of Hamburg, Polytechnic University of Madrid, University of Studiings of Siena, Vilnius Gediminas Technical University) ως ένα ERASMUS εκπαιδευτικό Εντατικό Πρόγραμμα (IP).

Ως τμήμα αυτού του σχεδίου, η Διπλωματική αυτή Εργασία στοχεύει στη τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση της εκκλησίας του Μοναστηριού, η οποία θα αποτελεί μια αναπαράστασή της κατά το 14^ο και 15^ο αιώνα σύμφωνα με ιστορικές πηγές που είναι διαθέσιμες, αλλά και στοιχείων που συλλέχθηκαν σε συνεργασία με αρχαιολόγους. Η Αποκατάσταση, επίσης, βασίστηκε σε δεδομένα που αφορούν στην αποτύπωση της υπάρχουσα κατάσταση του μνημείου, η οποία διατηρεί τμήματα της φάσης Αποκατάστασης (14^ο - 15^ο αι.), δηλαδή σε Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας και ορθοφωτογραφίες, σε τοπογραφικές μετρήσεις και σε δεδομένα Z+F Scanner παλαιότερων εργασιών.

Πιο συγκεκριμένα, η αποτύπωση, η οποία ολοκληρώθηκε στο UPV/EHU έγινε με Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας και ορθοφωτογραφίες που απεικονίζουν το εσωτερικό της εκκλησίας, η οποία αποτελείται από τέσσερις τοίχους διαστάσεων 20 επί 7.5 μέτρων.

Τα μοντέλα, ως πρωτογενή στοιχεία για την παραγωγή των ορθοφωτογραφιών καθώς και της αναπαράστασης του αντικειμένου δημιουργήθηκαν με τα προγράμματα *Photomodeler Scanner 6* και *ImageMaster* και συγχωνεύτηκαν στο *Rapidform*. Τα αποτελέσματα των δυο προγραμμάτων αξιολογήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν αναλόγως.

Οι ορθοφωτογραφίες παρήχθησαν με το *ImageMaster* και όπου ήταν απαραίτητο (περισσότερες της μία ορθοφωτογραφίας για μία όψη) συνενώθηκαν με το *AutoCAD*.

Αφού συλλέχθηκαν όλα τα δεδομένα που αφορούν στη χρονική φάση της Αποκατάστασης και έγινε η απαραίτητη επεξεργασία αυτών, έγινε η σχεδίαση του τρισδιάστατου Εικονικού Μοντέλου, η οποία πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον *AutoCAD*. Το Μοντέλο αυτό αποδίδεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με την επιθυμητή χρήση του και υπέστη περαιτέρω επεξεργασία για την παραγωγή επιπλέον χρήσιμων προϊόντων, όπως πλάγιες τομές.

Όλα τα αποτελέσματα της παρούσας Εργασίας είναι στη διάθεση και των δύο πανεπιστημίων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως ένα χρήσιμο εργαλείο για συναφή εργασίες, εκπαιδευτικούς σκοπούς και με την ελπίδα ότι θα αποτελέσουν το υπόβαθρο για την λήψη μέτρων προστασίας του μνημείου.

Abstract

This Diploma Thesis is the result of a collaboration of two universities, the National Technical University of Athens (NTUA) and the University of the Basque Country (UPV/EHU). It is part of the bigger project of the documentation of the Monastery of San Prudencio at the province of La Rioja at Spain. This project is undertaken by professors and students of the University of the Basque Country with the contribution of five universities of Europe (National Technical University of Athens, HafenCity University of Hamburg, Polytechnic University of Madrid, University of Studiings of Siena, Vilnius Gediminas Technical University) as part of an ERASMUS educational Intensive Programme. This ERASMUS project aims to document the whole Monastery by all the adequate, in any case, methods with the long-term target to make the large history of the monument known to the habitants of the region and the rest of people and to be the background of the measurements that the government will take to protect it.

As part of this project, this Diploma Thesis deals with the 3 Dimensional Restoration of the church of the Monastery that is going to be a representacion of the church as it was during the 14th-15th century according to historical sources that are available and elements that were selected in collaboration with archaeologists. The Restoration also was based on the documentation of the current situation of the monument that conserve parts of the Restoration phase (14th -15th century), such as Digital Surface Models (DSM) and orthophotos, surveying measurements and laser scanner data of previous projects.

More specifically the documentation, which was completed at UPV/EHU has been done with DSM and orthophotos. These methods were used to represent the interior church which consists of four walls the size of which is about 20 by 7.5 meters.

The DSM as a step to make the orthophoto and also as a tool to represent the object was made with *Photomodeler Scanner 6* and *ImageMaster* and was merged with the software *Rapidform*. The results that these two software gave were evaluated and used according to the needs.

The orthophotos were created by *ImageMaster* and where it was necessary (more than one orthophoto for one wall), they were combined within *AutoCAD*.

After colleting and managing all the data that refer to the phase of Restoration, it was generated the 3 Dimensional Virtual Model using the software *AutoCAD*. This model can be represented by different visual styles depend on its use and it was used to create other useful results too, such as oblique sections.

All the results of this Thesis are available to both universities in order to be used as a useful tool for relative projects, educational purposes and with the hope to be the background of actions for the protection of the monument.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

0. Εισαγωγή	13
Κεφάλαιο_1: Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων.....	15
1.1. Παρούσα κατάσταση της Προστασίας – Αποτύπωσης Μνημείων.....	15
1.2. Μέθοδοι Συλλογής Στοιχείων και Αναπαράστασης.....	16
1.3. Τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο	17
Κεφάλαιο_2: Μοναστήρι του Σαν Προυντένθιο	19
2.1. Τοποθεσία του Μνημείου	19
2.2 Ιστορία του Μοναστηριού	20
2.3. Εκκλησία του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο (14 ^{ος} - 15 ^{ος} αιώνα).....	21
Κεφάλαιο_3: Αποτύπωση.....	23
3.1. Αναγνώριση της περιοχής.....	23
3.2. Σχεδιασμός Εργασιών	24
3.3. Εξοπλισμός	27
3.3.1. Γεωδαιτικός Εξοπλισμός.....	27
3.3.2. Φωτογραμμετρικός Εξοπλισμός	27
3.3.3. Δευτερέων Εξοπλισμός.....	28
3.4. Εργασίες Πεδίου	29
3.4.1. Λήψη Φωτογραφιών	29
3.4.2. Μέτρηση Φωτοσταθερών	29
3.5. Εργασίες Γραφείου	30
3.5.1. Διαχείριση Δεδομένων	30
3.5.2. Υπολογισμοί.....	30
3.5.3. Βαθμονόμηση της Μηχανής	30
3.5.3.1. Image Master.....	31
3.5.3.2. Photomodeler Scanner 6.....	32

3.5.4. Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας	34
3.5.4.1. Image Master	34
3.5.4.2. Photomodeler Scanner 6.....	36
3.5.4.3. Χαρακτηριστικά Αντικειμένου και Επεξεργασία	38
3.5.4.4. Σύγκριση Μοντέλων	43
3.5.5. Παραγωγή Ορθοφωτογραφιών	44
3.6. Αποτελέσματα – Αξιολόγηση.....	44
3.6.1. Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας.....	45
3.6.2. Ορθοφωτογραφίες.....	50
3.7. Συμπεράσματα – Προτάσεις	53
Κεφάλαιο_4: Τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση	55
4.1. Δεδομένα.....	55
4.1.1. Ιστορικά Δεδομένα	56
4.1.2. Σύγχρονες Φωτογραφίες, Μετρήσεις και Προϊόντα Μετρήσεων.....	58
4.2 Διαχείριση - Επεξεργασία Δεδομένων.....	62
4.2.1. Κτηριακή Αρχαιολογία (Building Archaeology).....	62
4.2.2. Διαχείριση Δεδομένων κατά το Σχεδιασμό	66
4.3. Λήψη Αποφάσεων	69
4.3.1. Συνδυασμός Δεδομένων από Διαφορετικές Πηγές	69
4.3.2. Συμπλήρωση δεδομένων.....	72
4.3.3. Επίπεδο Λεπτομέρειας	72
4.3.4. Σχεδιαστικές Δυσκολίες.....	73
4.4. Σχεδίαση	75
4.4.1. Γραμμικό Σχέδιο	75
4.4.2. Σχέδιο με Επιφάνειες	76
4.4.3. Υλικά επί των Επιφανειών.....	78
4.5. Αποτελέσματα.....	79

4.6. Αξιολόγηση - Συμπεράσματα – Προτάσεις 92

Βιβλιογραφία 95

Παραρτήματα

Παράρτημα_1: Επισημασμένα Φωτοσταθερά

Παράρτημα_2: Σφάλματα ΨΜΕ και Ορθοφωτογραφιών

0. Εισαγωγή

Η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας επιτρέπει τη δημιουργία πιστών αναπαραστάσεων των αντικειμένων. Ιδιαίτερα όσον αφορά στα μνημεία που η αποτύπωσή τους αποτελεί καθήκον ως προς τον πολιτισμό και την ιστορία κάθε λαού, οι αποτυπώσεις τους οφείλουν να είναι ακριβείς και πλήρεις. Πέραν, όμως του σταδίου της αποτύπωσης που αφορά στην υπάρχουσα κατάσταση του αντικειμένου και στο οποίο συνεισφέρουν ιδιαίτερα οι εξελίξεις στα πεδία της Γεωδαισίας, της Φωτογραμμετρίας και σαρώσεων Laser, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και η ενασχόληση με την Αποκατάσταση του αντικειμένου.

Η Αποκατάσταση αφορά στην εικονική - σχεδιαστική ανοικοδόμηση του μνημείου, δηλαδή στην απόδοση της εικόνας του, όπως αυτή ήταν σε ένα οριοθετημένο χρονικό πλαίσιο στο παρελθόν. Τα προϊόντα αυτής της διαδικασίας ποικίλλουν από γραπτές περιγραφικές αναφορές για το πώς ήταν το αντικείμενο στο παρελθόν, απλά δισδιάστατα γραμμικά σχέδια, μέχρι και τα πιο σύγχρονα τρισδιάστατα Εικονικά Μοντέλα. Η τεχνολογία όσον αφορά στα τελευταία έχει κάνει άλματα τα τελευταία χρόνια καθιστώντας δυνατή την απόδοση ενός αντικειμένου στις τρεις διαστάσεις του με πολύ ρεαλιστικό τρόπο. Τέτοιου είδους μοτέλα έχουν ευρύ φάσμα εφαρμογών. Είναι χρήσιμα για αρχαιολογική έρευνα, ιστορικές μελέτες, εκπαιδευτικούς σκοπούς, διαδραστικές 'διαδρομές' στο παρελθόν.

Κύριος σκοπός της συγκεκριμένης Εργασίας είναι η Εικονική Αποκατάσταση της εκκλησίας του Σαν Προυντένθιο με βάση στοιχείων για το πώς ήταν το μνημείο κατά το 14^ο και 15^ο αιώνα. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού ήταν απαραίτητη η συνεργασία με ομάδα αρχαιολογίας και η γνώση αρχιτεκτονικών στοιχείων. Παράλληλα, η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης είχε σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του μνημείου, αλλά και κατά τη φάση του σχεδιασμού. Πιο συγκεκριμένα έγινε αποτύπωση του εσωτερικού της εκκλησίας όπως αυτή είναι σήμερα (τμήματα των εκκλησιών του 12^{οο} - 13^{οο}, 14^{οο} - 15^{οο} και 16^{οο} - 17^{οο} αιώνα μ.Χ.) με παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας και ορθοφωτογραφιών που πραγματοποιήθηκε μέσω της επεξεργασίας γεωδαιτικών και φωτογραμμετρικών δεδομένων.

Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφονται το θεωρητικό και πρακτικό τμήμα της εν λόγω αποτύπωσης και Αποκατάστασης, τα αποτελέσματά τους καθώς και τα συμπεράσματα που απορρέουν από αυτές.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται περιληπτικά αναφορά στην παρούσα κατάσταση της αποτύπωσης μνημείων σε παγκόσμιο επίπεδο και στις διάφορες μεθόδους με τις οποίες αυτή επιτυγχάνεται, καθώς επίσης και μια αναφορά στο περιεχόμενο της κατασκευής Εικονικών Μοντέλων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται περιληπτικά το μνημείο όσον αφορά στη θέση και στην ιστορία του.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά στην αποτύπωση του μνημείου, η οποία αποτελεί τη βάση της Ανακατασκευής. Αναλύονται οι διαδικασίες της συλλογής και διαχείρισης δεδομένων, οι εργασίες πεδίου και γραφείου. Αναφέρονται οι παράμετροι που τέθηκαν και οι προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν και περιέχονται τα αξιολογημένα

αποτελέσματα, καθώς και συμπεράσματα αναφορικά με το πρώτο αυτό στάδιο της Εργασίας, την αποτύπωση.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο δεύτερο στάδιο της Εργασίας, τη τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση του μνημείου. Αναφέρονται περιληπτικά ορισμένα χρήσιμα εργαλεία της Αρχαιολογίας και τα διάφορα δεδομένα τοπογραφικά και μη που χρησιμοποιήθηκαν για την κατανόηση του μνημείου και την τελική εκτίμηση για το πώς ήταν η εκκλησία κατά τη χρονική περίοδο στην οποία αφορά η Αποκατάσταση (14^ο-15^οαι.). Τέλος παρουσιάζονται τα αξιολογημένα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα του σταδίου αυτού.

Κεφάλαιο_1: Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων

Η απόδοση της εικόνας ενός μνημείου κατά το παρελθόν έχει ιδιαίτερη αξία, καθώς αποτελεί υπόβαθρο για την ανακατασκευή του μνημείου με βάση το αυθεντικό πρότυπο κατασκευής. Επίσης αποτελεί ένα σπουδαίο μέσο μελέτης του αντικειμένου, αλλά και μέσο αναπαράστασής του για πιο ευρύ κοινό. Προκειμένου όμως να αποδοθεί η εικόνα του παρελθόντος απαιτείται η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης του μνημείου, εφόσον διατηρούνται ως σήμερα τμήματά του. Η αποτύπωση αυτή εξυπηρετεί αφενός στην καλύτερη ανάγνωση του μνημείου και άρα στην εξαγωγή σωστών συμπερασμάτων για το πώς ήταν η κατάστασή του στο παρελθόν και αφετέρου αποτελεί τη βάση για τη λήψη μέτρων για την προστασία του. Συνεπώς η αποτύπωση-γεωμετρική τεκμηρίωση αποτελεί τη βάση της Εικονικής Ανακατασκευής.

Παρακάτω παρουσιάζονται περιληπτικά ορισμένες διατάξεις που αφορούν στην αποτύπωση των μνημείων, οι μέθοδοι με τις οποίες αυτή επιτυγχάνεται, καθώς και μια εισαγωγή για τα Εικονικά Μοντέλα.

1.1. Παρούσα Κατάσταση της Προστασίας – Αποτύπωσης Μνημείων

Στη σημερινή εποχή η ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας καθιστούν δυνατή την αναγκαία διατήρηση, προστασία και αποκατάσταση των μνημείων, τα οποία αποτελούν φορείς ιστορίας και πολιτισμού. Πρωταρχικό στάδιο προς αυτή την κατεύθυνση αποτελεί η καταγραφή – αποτύπωση των μνημείων.

Η αποτύπωση δεν είναι απαραίτητη μόνο ως στάδιο της προστασίας του μνημείου αλλά και για εκπαιδευτικούς λόγους. Μαθητές και γενικότερα ενδιαφερόμενοι μπορούν μέσω αυτής να δουν το μνημείο και να το μελετήσουν.

Σε αυτή την προσπάθεια διατήρησης της εναπομένουσας ιστορίας και πολιτισμού, καθώς και της εκπαιδευτικής προσφοράς, πολλοί επιστήμονες συμμετέχουν σε διάφορα συνέδρια που διεξάγονται ανά τον κόσμο με κύριο σκοπό την απόφαση, σε συνεργασία με τις κυβερνήσεις, μέτρων και νόμων σχετικά με την προστασία της πολιτιστικής – αρχιτεκτονικής κληρονομιάς.

Σύμφωνα με τις Διεθνείς Συμβάσεις¹ ‘Αρχιτεκτονική Κληρονομιά’ θεωρούνται:

τα μνημεία, δηλαδή κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού, κοινωνικού ή τεχνικού της ενδιαφέροντος,

τα αρχιτεκτονικά σύνολα αστικών ή αγροτικών κατασκευών, συναφή μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν οριοθετημένες ενότητες, και

οι τόποι ως σύνθετα έργα του ανθρώπου και της φύσης, εν μέρει κτισμένα, τα οποία αποτελούν εκτάσεις τόσο χαρακτηριστικές και ομοιογενείς, ώστε να συγκεντρώνουν τα χαρακτηριστικά των μνημείων ή των συνόλων

¹ Ν. 2039/13-4-1992 Γρανάδα - Κύρωση της Σύμβασης για την προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης

Από τους πιο σημαντικούς Χάρτες – έγγραφα επίσημης Διακήρυξης είναι οι εξής:

- Αποτελέσματα της Διεθνούς Σύσκεψης της UNESCO στο Νέο Δελχί (1955)
- Χάρτης της Βενετίας (1964)
- Διακήρυξη του Άμστερνταμ (1975)
- Σύμβαση της Γρανάδας (1985)
- Διακήρυξη του Κεμπέκ (1^ο συνέδριο Πόλεων Παγκόσμιας Κληρονομιάς (1991)
- Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την Προστασία της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (1992)

Το συνέδριο της Βενετίας (1964) αποτελεί σταθμό στη γενικότερη προσπάθεια διατήρησης, αποκατάστασης και αναβάθμισης της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς, καθώς διατυπώνει το διεθνές και διαχρονικό πλαίσιο πάνω σε αυτή την κατεύθυνση. Τα άρθρα του περιέχουν ορισμούς και προτάσεις σχετικά με τη συντήρηση, αποκατάσταση, ανασκαφή και δημοσιεύσεις που αφορούν στα μνημεία. Το τελευταίο άρθρο αποτελεί την εισαγωγή στις ψηφιακές βιβλιοθήκες, καθώς αναφέρεται σε αρχειοθέτηση και δημοσίευση όλων των σταδίων εργασίας, ώστε να είναι διαθέσιμα στο μέλλον.

Μία από τις αποφάσεις αυτού του συνεδρίου ήταν η ίδρυση του Διεθνούς Συμβουλίου Μνημείων και Τοποθεσιών - International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) το 1965. Πρόκειται για τον πιο έγκυρο διεθνή, επαγγελματικό, μη κυβερνητικό οργανισμό, τεχνικό σύμβουλο της UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) για την προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς που έχει ως σκοπό την προώθηση της θεωρίας, της μεθοδολογίας, της τεχνολογίας και της ενημέρωσης για την προστασία και την ανάδειξη των ιστορικών μνημείων και τοποθεσιών των χωρών όλου του κόσμου.² Αποτελείται από περισσότερες από 110 Εθνικές Επιτροπές – Οργανισμούς που δημιουργήθηκαν σε εθνικό επίπεδο. Συνδέει τα θεσμικά του μέλη παρέχοντας ένα κοινό πλαίσιο συζητήσεων και ανταλλαγή πληροφοριών. Κάθε Εθνική Επιτροπή υιοθετεί δικούς της κανόνες και διαδικασίες, επεξεργάζοντας το πρόγραμμά της με βάση τους σκοπούς και στόχους του ICOMOS³.

Η Ελλάδα και η Ισπανία, χώρες και οι δυο με σπουδαία πολιτιστική κληρονομιά, αποτελούν μέλη του ICOMOS με την Ελληνική και Ισπανική, αντίστοιχα, Επιτροπή.

1.2. Μέθοδοι Συλλογής Στοιχείων και Αναπαράστασης

Οι διάφορες μέθοδοι αποτύπωσης ενός αντικείμενου με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, προσφέρουν στους ενδιαφερόμενους αρκετούς εναλλακτικούς τρόπους για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος συνδυάζοντας ποιότητα και ποσότητα. Οι μέθοδοι αυτοί κατηγοριοποιούνται σε ομάδες (τοπομετρικές, κλασικές

² http://www.icomoshellenic.gr/icomos_v3/default.php?pname=international-arena-activity&la=2

³ http://www.international.icomos.org/natcom_eng.htm

γεωδαιτικές, φωτογραμμετρικές, σαρώσεις laser) ανάλογα με τον εξοπλισμό και τις τεχνικές που χρησιμοποιούν.

Ο παρακάτω πίνακας συγκεντρώνει τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μεθόδων. Τα συμπεράσματα αυτά λήφθηκαν υπόψιν κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της Εργασίας.

Μέθοδος	Εικονιστικό Προϊόν	Τριών Διαστάσεων Πληροφορία	Γραμμική-Διανυσματική Πληροφορία (σχέδια)	Γραμμική-Διανυσματική Πληροφορία (τομές)	Εξοπλισμός
Τοπομετρική	-	-	+	-	φτηνός, εύκολη μεταφορά
Τοπογραφική	-	+	+	++	όργανα υψηλής ακριβείας
Φωτογραμμετρική	++	+	++	++	ψηφιακή μετρητική μηχανή
Επίγειος Σαρωτής Laser	+	++	++	++	ακριβός, δύσκολη μεταφορά

Πίνακας_1: Συμπεράσματα σχετικά με τη σύγκριση των μεθόδων ,
όπου: - ακατάλληλη, + μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό προϋποθέσεις, ++ κατάλληλη

Οι τοπομετρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται πλέον μόνο συμπληρωματικά σε αποτυπώσεις υψηλών απαιτήσεων και οι τοπογραφικές μέθοδοι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για τη γεωαναφορά του αντικειμένου. Οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι και οι σαρώσεις συνεχώς κερδίζουν έδαφος δεδομένης της μετρητικής δυνατότητας και του τρισδιάστατου αποτελέσματος που παρέχουν, της μεγάλης ποσότητας δεδομένων, των καλών ακριβειών και της χρωματικής πληροφορίας.

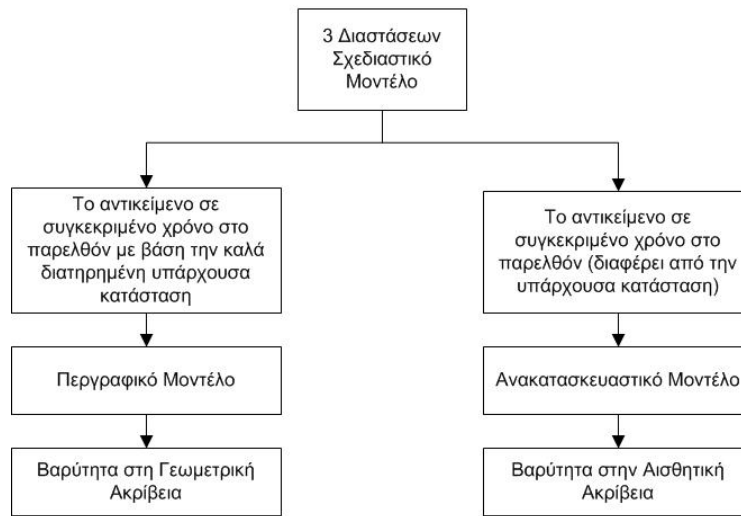
Το έργο της αποτύπωσης του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο, καθώς και το έργο της αποτύπωσης της εκκλησίας του Μοναστηριού, που αποτελεί και αντικείμενο της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας, αποτελεί μια περίπτωση όπου χρησιμοποιήθηκε πληθώρα μεθόδων για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αλλά και για την επίτευξη του καλύτερου αποτελέσματος.

1.3. Τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο

Το τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο (3D Virtual Model) παρουσιάζει ένα αντικείμενο στις τρεις διαστάσεις του και αφορά στην εικόνα – κατάσταση αυτού σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, συνήθως στο παρελθόν, και με δεδομένο επίπεδο ακρίβειας. Η Μοντελοποίηση αυτή μπορεί να συνεισφέρει σε ιστορικές έρευνες, εργασίες συντήρησης και αποκατάστασης, καθώς και σε εκπαιδευτικούς-τουριστικούς σκοπούς. Είναι λογικό ότι η ακρίβεια και λεπτομέρεια των μοντέλων

αυτών εξαρτάται από τη χρήση τους. Η ακρίβεια, βέβαια, εξαρτάται και από το αν πρόκειται για περιγραφικά ή ανακατασκευαστικά μοντέλα. Τα πρώτα περιγράφουν το αντικείμενο με βάση τα διατηρημένα τμήματά του, τα οποία συνήθως είναι σχετικά πλήρη και δίνουν καλή εικόνα για το αντικείμενο της εξεταζόμενης χρονικής φάσης. Τα δεύτερα επιχειρούν να ανακατασκευάσουν το αντικείμενο με βάση ανεπαρκή υπάρχουσα κατάσταση (ερείπια) για μια δεδομένη στιγμή στο παρελθόν.

Συνεπώς σε τέτοιου είδους μοντέλα η καλή ακρίβεια περιορίζεται στην υπάρχουσα κατάσταση, ενώ για τα τμήματα που δεν υπάρχουν, η γεωμετρική ακρίβεια δεν μπορεί να ελεγχθεί και άρα το τελικό προϊόν εξετάζεται κυρίως ως προς την πιθανότητα να απεικονίζει σωστά στοιχεία και ως προς την αισθητική του.



Διάγραμμα_1: Κατηγορίες τρισδιάστατων Εικονικών Μοντέλων και ακρίβειες αυτών

Κεφάλαιο_2: Μοναστήρι του Σαν Προυντένθιο

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται ορισμένες πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία και την ιστορία του Μοναστηριού και πιο συγκεκριμένα της εκκλησίας του (14^{ος} - 15^{ος} αιώνα).

2.1. Τοποθεσία του Μνημείου

Το Μοναστήρι του Σαν Προυντένθιο βρίσκεται στη βόρεια αυτόνομη κοινότητα της Ισπανίας, Ριόχα (La Rioja). Πιο συγκεκριμένα κείται στο όρος Laturce, ανάμεσα από τα χωριά Ριμπαφρέτσα (Ribafrecha), Λέζα (Leza) και Κλαβίχο (Clavijo). Απέχει 20 χλμ από την πρωτεύουσα της Ριόχα (Rioja), το Λογκρόνιο (Logroño).



Εικόνα_1: Ριόχα, Ισπανία

Το μοναστήρι ανήκει στο δήμο Κλαβίχο που απέχει 16 χλμ από το Λογκρόνιο και έχει υψόμετρο 872 μέτρα και έκταση 19,7 τετ.χλμ. Είναι ένα μικρό χωριό 280 κατοίκων σύμφωνα με δεδομένα του 2010⁴.

Η αποτύπωση και Αποκατάσταση του Μοναστηριού θα μπορούσε να συντελέσει στη γενική πολιτιστική αναβάθμιση της περιοχής.

⁴ <http://www.ayuntamientodeclavijo.org/>



Image_2: Κλαβίχο και Μοναστήρι του Σαν Προυντένθιο

2.2. Ιστορία του Μοναστηριού

Δεν υπάρχουν αξιόπιστες πηγές σχετικά με την ακριβή χρονολογία κατασκευής του Μοναστηριού. Θεωρείται ότι δημιουργήθηκε γύρω στο 925 μ.Χ. διατηρώντας σε κάποιου είδους κρύπτη τα λείψανα του Αγίου Προυντένθιου.

Το Μοναστήρι ήταν υπό την κυριαρχία ενός άλλου μοναστηριού κατά τα πρώτα χρόνια της ίδρυσής του και αργότερα υπό τον έλεγχο μιας αριστοκρατικής οικογένειας της εποχής, την οικογένεια Καμέρος (Cameros). Με την απαλλοτρίωση της κυβέρνησης της Μενθιθαμπάλ (Mendizabal), το 1835, πολλά από τα τμήματά του εκλάπησαν. Πλέον το Μοναστήρι είναι πλήρως εγκαταλελειμμένο και δε χρησιμοποιείται⁵. Ενώ υπάρχουν αρκετά εναπομείναντα τμήματα της κατασκευής του που θεωρούνται σημαντικά από αρχαιολογικής και αρχιτεκτονικής άποψης.



Εικόνα_3: Μοναστήρι του Σαν Προυντένθιο

⁵ http://moodletic.ehu.es/moodle/file.php/1664/documents/P02_Monasterio.pdf

2.3. Εκκλησία του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο (14^ο - 15^ο αιώνα)

Η εκκλησία του Μοναστηριού, σύμφωνα με τους συνεργάτες αρχαιολόγους πέρασε πέντε χρονικές – κατασκευαστικές φάσεις, οι οποίες αναφέρονται στο κεφάλαιο 4.2.1. Αντικείμενο της συγκεκριμένης Εργασίας είναι η αποτύπωση του εσωτερικού της εκκλησίας, όπως αυτή διατηρείται σήμερα, δηλαδή τμήματος της εκκλησίας της δεύτερης φάσης (12^ο – 14^ο αιώνα μ.Χ), κυρίως της τρίτης φάσης (14^ο – 15^ο αιώνα μ.Χ.) και της τέταρτης φάσης (16^ο – 17^ο αιώνα μ.Χ) και η τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση της τρίτης φάσης.

Η εκκλησία του 14^{ου}-15^{ου} χτίστηκε στη βάση της εκκλησίας της προηγούμενης φάσης. Έγινε πιο επιβλητική με διπλάσιο σχεδόν ύψος και προεκτάθηκε. Δημιουργήθηκε επίσης και ένα είδος κρύπτης κατά τη φάση αυτή στα δυτικά της εκκλησίας. Οι αλλαγές αυτές μαρτυρούσαν την αναβάθμιση του ρόλου και την αύξηση της δύναμης του Μοναστηριού . Δυστυχώς, σήμερα αποτελεί ένα από τα πιο ευάλωτα τμήματα και υποφέρει από κατάρρευση. Τμήματα των τοίχων της που καταρρέουν καλύπτουν σε σημαντικό βαθμό το εσωτερικό του ναού, κάνοντας δύσκολη την πρόσβαση σε αυτόν.



Εικόνες 4 & 5: Κάτοψη Μοναστηριού, με κόκκινο και γαλάζιο η εκκλησία της τρίτης φάσης



Εικόνα_6: Εσωτερικό της εκκλησίας του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο



Εικόνα_7: Τμήμα της εισόδου της εκκλησίας, νότιος τοίχος



Εικόνα_8: Παράθυρο νοτίου τοίχου, εσωτερικό της εκκλησίας,

Κεφάλαιο_3: Αποτύπωση

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται οι στόχοι, οι μέθοδοι, οι παράμετροι και τα τελικά αποτελέσματα της αποτύπωσης του εσωτερικού της εκκλησίας του Μοναστηριού που αποτελεί το πρώτο μέρος της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας.

3.1. Αναγνώριση της περιοχής

Απαραίτητο βήμα σε κάθε εργασία αποτύπωσης είναι η αναγνώριση – επίσκεψη του προς αποτύπωση μνημείου. Σε αυτή τη φάση απαιτείται η καταγραφή των χαρακτηριστικών του αντικειμένου και η συλλογή δεδομένων που θα βοηθήσουν στο σχεδιασμό των εργασιών.

Η πρώτη επαφή με την εκκλησία του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο έγινε τον Ιούλιο του 2010, όταν το πρώτο ERASMUS IP πρόγραμμα έλαβε χώρα. Φυσικά, χρειάστηκε μια νέα αναγνώριση της περιοχής. Επιλέχτηκε μία μέρα με καλές καιρικές συνθήκες, ώστε να επιθεωρηθεί καλύτερα το μνημείο και επιπλέον να ξεκινήσει η δουλειά πεδίου. Ελέγχθηκε προσεχτικά το οικοδόμημα της εκκλησίας και τα χαρακτηριστικά της και αποκτήθηκε μια πρώτη εικόνα σχετικά με τις προκλήσεις που επρόκειτο να αντιμετωπισθούν. Επίσης, λήφθηκαν ορισμένες φωτογραφίες και δημιουργήθηκαν αυτοσχέδια σε μεγάλη κλίμακα για την απόκτηση μιας γενικής εικόνας του αντικειμένου.

Η εκκλησία αποτελείται από ένα ορθογώνιο δωμάτιο διαστάσεων 20 επί 7.5m, ενώ η στέγη έχει καταρρεύσει. Ένα από τα πρώτα συμπεράσματα της αναγνώρισης ήταν ότι η εκκλησία είναι σε άσχημη κατάσταση, κάτι που οδηγεί σε επικινδυνότητα και δυσκολία της συλλογής δεδομένων, καθώς το έδαφος και τα κομμάτια των τοίχων που ήδη έχουν καταρρεύσει δεν επιτρέπουν εύκολη πρόσβαση. Επιπλέον, εντοπίστηκαν σημεία στα οποία θα έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και πιο ειδικός σχεδιασμός, όπως το ύψος του βορείου τοίχου – περίπου 10m (εικόνα_9) και η μη κανονική του επιφάνεια, καθώς και ένα αρκετά ψηλό σημείο του δυτικού τοίχου.



Εικόνα_ 8: Τμήμα βορείου τοίχου ύψους περίπου 10m

Όσον αφορά στη γεωαναφορά, παρατηρήθηκε η περιοχή, ώστε να προδιοριστούν οι καλύτερες θέσεις για στάσεις οργάνου. Η ίδρυση γεωδαιτικού δικτύου δεν ήταν απαραίτητη, καθώς χρησιμοποιήθηκε ένα ήδη υπάρχον (κεφάλαιο 3.4.2).

Παράλληλα, σε συνεργασία με την αρχαιολόγο του συνεργείου, ερευνήθηκε η περιοχή για την εύρεση στοιχείων χρήσιμων για την τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση.

3.2. Σχεδιασμός Εργασιών

Ο στόχος της συγκεκριμένης Εργασίας είναι η Εικονική Αποκατάσταση της εκκλησίας (14^ο – 15^ο αιώνας) του Μοναστηριού. Η αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης αποτελεί τη βάση για την εργασία αυτή και επιπλέον θα χρησιμοποιηθεί για αρχαιολογικές μελέτες και ως υπόβαθρο, ώστε να παρθούν μέτρα για την προστασία του μνημείου.

Συνεπώς, προκειμένου να απεικονίζονται οι λεπτομέρειες στους τοίχους που έχουν ενδιαφέρον από αρχαιολογική σκοπιά και να εμφανίζονται καλύτερα τα χαρακτηριστικά του μνημείου, αποφασίστηκε η παραγωγή ορθοφωτογραφιών σε κλίμακα 1:50.

Όσον αφορά στα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας (ΨΜΕ), τα οποία αποτελούν προστάδιο της παραγωγής ορθοφωτογραφιών, αυτά πρέπει να έχουν μια ακρίβεια που να οδηγεί στην επιθυμητή ακρίβεια των ορθοφωτογραφιών. Δεδομένου όμως του γεγονότος ότι τα μοντέλα αυτά θα χρησιμοποιηθούν και κατά το στάδιο της Αποκατάστασης για σχεδιασμό επί αυτών επιδιώχθηκε η όσο το δυνατόν καλύτερη ακρίβειά τους και ο έλεγχος αυτής. Εκτιμήθηκε ότι η ακρίβειά τους μπορεί να κειμανθεί στα 2-3cm.

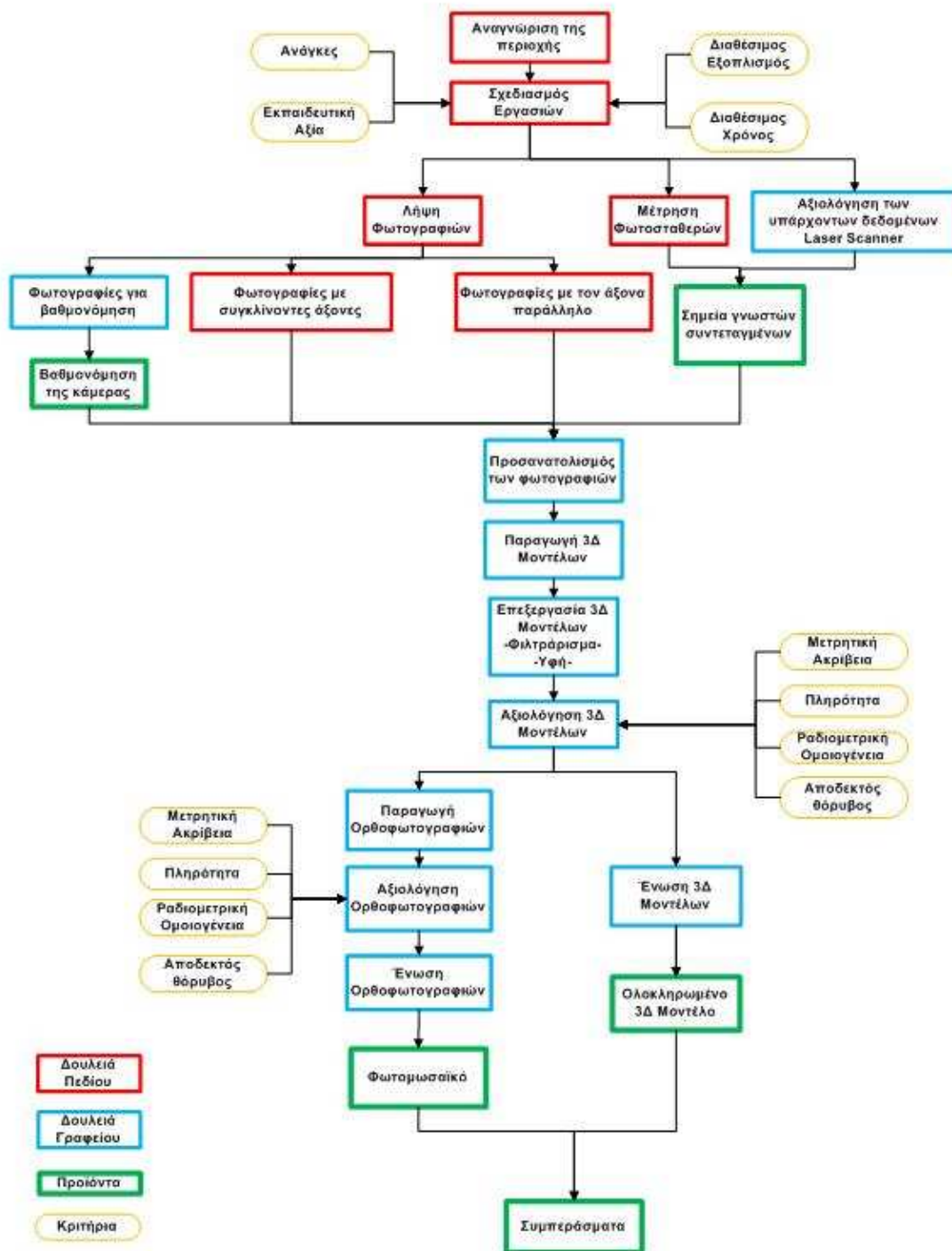
Αφού διευκρινίστηκαν οι ανάγκες τις οποίες η Εργασία αυτή θα καλύψει και τα προϊόντα με τα οποία αυτό θα επιτευχθεί, επόμενο στάδιο ήταν η επιλογή των κατάλληλων μεθοδολογιών. Τα κριτήρια επιλογής αφορούσαν κυρίως στα αποτελέσματα που κάθε μέθοδος δίνει, την εκπαιδευτική τους αξία, το διατιθέμενο χρόνο, χρήμα και εξοπλισμό.

Για την παραγωγή μοντέλων και ορθοφωτογραφιών αποφασίστηκε η χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων. Οι φωτογραφίες λήφθηκαν με φακό εστιακής απόστασης $f_1=21$ mm και αποφασίστηκε να ληφθούν κατάλληλες φωτογραφίες, ώστε να αξιοποιηθούν στο μέγιστο οι δυνατότητες των δυο διατιθέμενων προγραμμάτων (*ImageMaster* και *Photomodeler Scanner 6*). Για τις χρησιμοποιούμενες από το *ImageMaster* φωτογραφίες απαιτούνταν παράλληλοι άξονες λήψης. Το *Photomodeler Scanner 6* μπορεί και επιλύει σε ενιαίο προσανατολισμό φωτογραφίες που οι άξονές του έχουν μεγάλη γωνία τομής. Για το λόγω αυτό λήφθηκαν και φωτογραφίες που ακολουθούν τη γεωμετρία της συγκλίνουσας φωτογραμμετρίας (άξονες που τέμνονται υπό μεγάλη γωνία).

Όσον αφορά στα ψηλά τμήματα του δυτικού και βορείου τοίχου, δεδομένου του ότι δεν ήταν δυνατόν να ληφθούν φωτογραφίες από επίπεδο υπερυψωμένο, αλλά μόνο από το επίπεδο του εδάφους, αποφασίστηκε να ερευνηθεί η δυνατότητα χρησιμοποίησης φωτογραφιών με κλίση. Ο βόρειος τοίχος είχε ιδιαίτερα 'ανώμαλη' επιφάνεια χωρίς σημεία λεπτομερειών, η οποία, δεν επέτρεπε τη μέτρηση φωτοσταθερών σημείων, καθώς δεν ήταν δυνατή η αναγνώρισή τους. Συνεπώς, αποφασίστηκε να εισαχθεί το ψηλό αυτό τμήμα του τοίχου για το οποίο δεν υπήρχαν σημεία γνωστών συντεταγμένων σε ένα ενιαίο μοντέλο με το χαμηλότερο τμήμα του κατά την διαδικασία επίλυσης του φωτογραμμετρικού τριγωνισμού. Ως δεύτερη εναλλακτική, αποφασίστηκε ο έλεγχος της πιθανότητας χρησιμοποίησης για τον προσανατολισμό ορισμένων σημείων γνωστών συντεταγμένων από τα δεδομένα σαρωτή Laser που ήδη υπάρχουν από το ERASMUS IP (Ιούλιος, 2010).

Αφού αποφασίστηκαν τα τελικά προϊόντα και η μεθοδολογία, επιλέχθηκε το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο θα εισαχθεί το έργο. Δεδομένου του γεγονότος ότι η αποτύπωση του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο αποτελείται από πολλές μικρότερες εργασίες, αποφασίστηκε η ένταξη όλων σε ένα κοινό σύστημα, το Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 1989 - European Terrestrial Reference System (ETRS) 89 με προβολή την Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική - Universal Transverse Mercator (UTM), ζώνη 30.

Οι εργασίες όσον αφορά στην αποτύπωση παρουσιάζονται περιληπτικά στο παρακάτω διάγραμμα.




Διάγραμμα_2: Διάγραμμα Ροής των εργασιών

3.3. Εξοπλισμός

Για την εκτέλεση των αποφασισμένων τοπογραφικών και φωτογραμμετρικών διαδικασιών, απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός.

3.3.1. Γεωδαιτικός Εξοπλισμός

Για τη μέτρηση των φωτοσταθερών χρησιμοποιήθηκε ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR307 με ιδιότητες που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας_2)

Ιδιότητες		
Leica TCR307 Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός	Ακρίβεια μέτρησης γωνιών	20 cc
	Ελάχιστη ανάγνωση	5 cc
	Ακρίβεια μετρήσης αποστάσεων	$\pm(3\text{mm}+2\text{ppm})$
		

Πίνακας_2: Ιδιότητες του Leica TCR307

3.3.2. Φωτογραμμετρικός Εξοπλισμός

Χρησιμοποιήθηκε η μηχανή Canon EOS 5D Mark II, ορισμένες ιδιότητες της οποίας παρουσιάζονται στον πίνακα (Πίνακας_3) που ακολουθεί.

Χαρακτηριστικά Canon EOS 5D Mark II	
Αισθητήρας	36 x 24 mm CMOS sensor Full 35 mm size frame RGB Color Filter Array
Μέγεθος εικόνας (RAW)	5616 x 3744 (21.0 MP) 3861 x 2574 (10.0 MP) 2784 x 1856 (5.2 MP)
Τύποι αρχείων	<ul style="list-style-type: none"> • RAW (.CR2; 14-bit) • JPEG (EXIF 2.21) - Fine / Normal • RAW + JPEG (separate files) • sRAW1, sRAW2

Πίνακας_3: Ιδιότητες της Canon EOS 5D Mark II⁶

⁶ <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos5dmarkii/page2.asp>



Εικόνα_9: Canon EOS 5D Mark II

Η κάμερα χρησιμοποιήθηκε με φακό εστιακής απόστασης 21mm. Να σημειωθεί ότι μεταξύ του διατιθέμενου εξοπλισμού ήταν και ένας φακός Canon εστιακής απόστασης 35mm ο οποίος δε χρησιμοποιήθηκε.

3.3.3. Δευτερέων Εξοπλισμός

Τα παραπάνω όργανα συνοδεύονται από τον εξής επίσης απαραίτητο εξοπλισμό προκειμένου να επιτευχθούν οι μετρήσεις:

- 1 τρίποδας
- Ειδικοί στόχοι (κεφάλαιο_3.4.1)
- Σιλκόνη για την τοποθέτηση των στόχων
- Ειδικός μηχανισμός για την τοποθέτηση των στόχων σε ψηλά σημεία

Ο ειδικός αυτός μηχανισμός είναι μία κατασκευή (εικόνα_10) του Εργαστηρίου Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Πολιτιστικής Κληρονομιάς του University of the Basque Country, η οποία δε διατίθεται στο εμπόριο. Πρόκειται για μια κατασκευή που εξυπηρετεί την τοποθέτηση στόχων σε ψηλά σημεία. Αποτελείται από τρεις ανοξείδωτους κυλινδρικούς σωλήνες μήκους 1,5m που έχουν τη διάταξη του τηλεσκοπικού συστήματος. Στον τελευταίο σωλήνα υπάρχει μια ειδική διάταξη στην οποία μπορούν να τοποθετηθούν διαφόρων μεγεθών στόχοι και η οποία μπορεί και κινείται έτσι ώστε να προσαρμόζεται κατάλληλα στις επιμέρους επιφάνειες.



Εικόνα_10: Ειδικός μηχανισμός για την τοποθέτηση των στόχων σε ψηλά σημεία

3.4. Εργασίες Πεδίου

Η εργασία πεδίου είναι πολύ σημαντική και πρέπει να της αποδίδεται η πρέπουσα προσοχή καθώς λανθασμένα ή ελλιπή δεδομένα οδηγούν σε επιπλέον μέρες στο πεδίο, γεγονός που κοστίζει χρόνο και χρήμα, ειδικότερα στην προκειμένη περίπτωση που το Μοναστήρι απέχει δύο ώρες από το Πανεπιστήμιο (δουλειά γραφείου).

3.4.1. Λήψη Φωτογραφιών

Αρχικά τοποθετήθηκαν στους προς αποτύπωση τοίχους οι απαραίτητοι στόχοι για τη φωτογραμμετρική διαδικασία. Τα σημεία των στόχων επιλέχθηκαν με κριτήριο την περιμετρική κάλυψη (παράρτημα_1) του αντικειμένου και να είναι αρκετά για τον προσανατολισμό κάθε στερεοσκοπικού ζεύγους.

Οι στόχοι τοποθετήθηκαν πολύ προσεχτικά με σεβασμό προς το μνημείο, με σιλικόνη που εξασφαλίζει την προσωρινή τους τοποθέτηση. Οι στόχοι διαθέτουν κατάλληλες διαστάσεις ώστε να είναι ευκρινώς ορατοί στην κλίμακα των αρχικών φωτογραφιών. Το χρώμα και το σχέδιο οδηγούν στην καλύτερη αντίθεση, ώστε να είναι εύκολα αναγνωρίσιμοι. Επιπλέον, έχουν αριθμούς διευκολύνοντας την αναγνώριση σε σχέση με τη γεωδαιτική διαδικασία. (εικόνα_17).



Εικόνα_11: Είδος χρησιμοποιούμενων στόχων

Λήφθηκαν φωτογραφίες τόσο με τους άξονες παράλληλους (*ImageMaster*), όσο και με τους άξονες να τέμνονται υπό μεγάλη γωνία (*Photomodeler Scanner 6*).

3.4.2 Μέτρηση Φωτοσταθερών

Για τη συσχέτιση της αποτύπωσης ολόκληρου του Μοναστηριού, ήταν απαραίτητη η κοινή γεωαναφορά. Χρησιμοποιήθηκε το ETRS89⁷ με UTM⁸ προβολή, ζώνη 30. Προκειμένου να μην επιβαρυνθεί το τοπικό δίκτυο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε, με σφάλματα λόγω της κλίμακας παραμόρφωσης που εισάγει η προβολή αυτή, εντάχθηκε σε αυτή με τις ελάχιστες δεσμεύσεις (ένα σημείο και ένα αζιμούθιο). Αξίζει να σημειωθεί ότι το δίκτυο αυτό είχε ήδη δημιουργηθεί κατά τις εργασίες του πρώτου ERASMUS IP (Ιούλιος, 2010).

Τα φωτοσταθερά και σημεία ελέγχου μετρήθηκαν με ταχυμετρία από τις στάσεις γνωστών συντεταγμένων INV04 και INV100. Πρόκειται για μη υλοποιημένες στάσεις εντός της εκκλησίας, οι συντεταγμένες των οποίων υπολογίστηκαν με οπισθοτομία με τη χρησιμοποίηση τεσσάρων σημείων επί των τοίχων, των οποίων οι συντεταγμένες υπολογίστηκαν από το τριγωνομετρικό σημείο B15 (Bench Mark 15).

⁷ European Terrestrial Reference System (ETRS) 89 (Ευρωπαϊκό Επίγειο Σύστημα Αναφοράς 89)

⁸ Universal Transverse Mercator (Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική)

Συνεπώς, αποφεύχθηκε η ίδρυση ενός νέου πολυγωνομετρικού δικτύου. Οι δύο στάσεις οργάνου επιλέχθηκαν έτσι ώστε οι τέσσερις τοίχοι της εκκλησίας να είναι ορατοί.

3.5. Εργασίες Γραφείου

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών πεδίου, ακολουθούν οι εργασίες γραφείου, που αφορούν στην επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν, ώστε να παραχθούν τα τελικά προϊόντα και να αξιολογηθούν.

3.5.1. Διαχείριση Δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στο πεδίο μεταφέρθηκαν και αποθηκεύτηκαν κατάλληλα, ώστε να είναι στη διαθεσιμότητα όλων όσων δουλεύουν στην αποτύπωση του Μοναστηριού. Χρησιμοποιήθηκε μια κοινή κωδικοποίηση κατά την αρχειοθέτηση από όλους τους συμμετέχοντες του εργαστηρίου.

Οι αρχικές φωτογραφίες αποθηκεύτηκαν σε αρχεία τύπου .JPEG, τα οποία μπορούν να διαβαστούν από τα φωτογραμμετρικά χρησιμοποιούμενα προγράμματα. Τα δεδομένα των γεωδαιτικών σταθμών μετατράπηκαν μέσω του *Leica Survey Office* σε διάφορους τύπους αρχείων (notepad, excel), ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορα προγράμματα. Αποθηκεύτηκαν πέρα των τριών συντεταγμένων (X,Y,Z) και οι μετρήσεις οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών και οριζόντιων και κεκλιμένων αποστάσεων, ώστε να χρησιμοποιηθούν σε ενδεχόμενο επανυπολογισμό των συντεταγμένων.

3.5.2. Υπολογισμοί

Λόγω της αποφυγής της ίδρυσης ενός πολυγωνομετρικού δικτύου, δεν απαιτήθηκαν υπολογισμοί. Το όργανο ήταν προγραμματισμένο ώστε να δίνει κατευθείαν τα αποτελέσματα της οπισθοτομίας και τις τριών διαστάσεων συντεταγμένες στο ζητούμενο σύστημα συντεταγμένων.

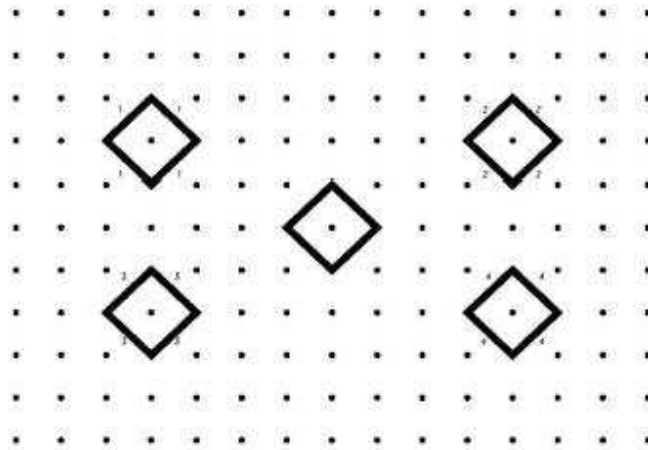
3.5.3. Βαθμονόμηση της μηχανής

Λόγω της χρησιμοποίησης δύο φωτογραμμετρικών προγραμμάτων έγιναν δύο βαθμονομήσεις. Η πρώτη έγινε από το *Image Master* και η δεύτερη από το *Photomodeler Scanner 6*. Μία λύση για την αποφυγή της δευτέρης βαθμονόμησης είναι η χρησιμοποίηση εικόνων διορθωμένων από διαστρόφη που δίνει το ένα πρόγραμμα π.χ. το *Photomodeler Scanner 6* στο άλλο (*Image Master*). Στο δεύτερο πρόγραμμα οι εικόνες εισάγονται με μηδενική διαστρόφη.

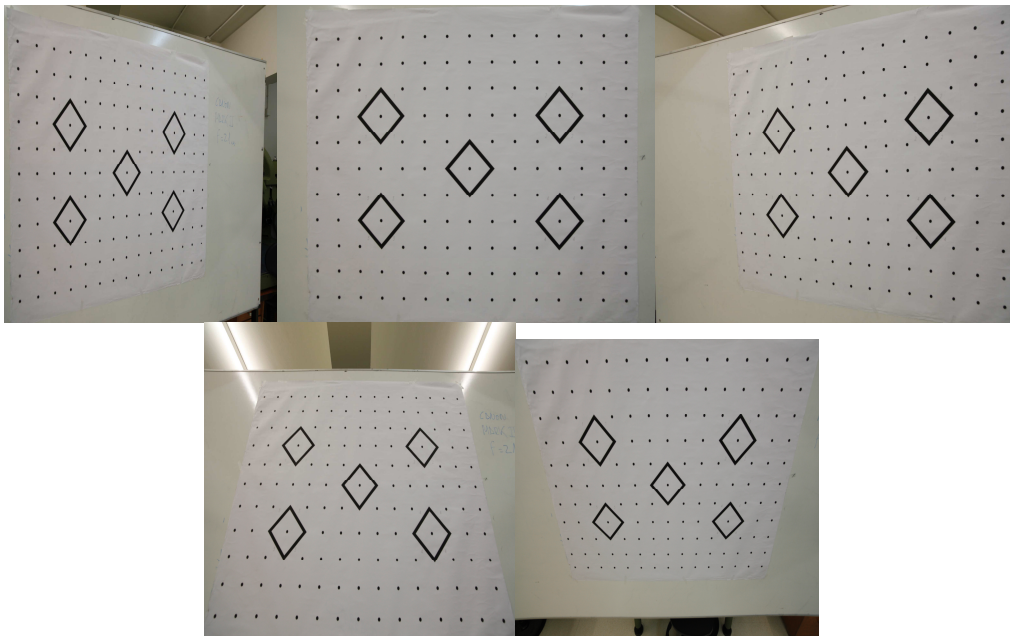
Δεδομένης όμως της γρήγορης, πλήρους αυτοματοποιημένης διαδικασίας της βαθμονόμησης, αποφασίστηκε να γίνει και από τα δύο προγράμματα. Η μόνη απαίτηση ήταν η λήψη των κατάλληλων εικόνων που κάθε πρόγραμμα απαιτεί. Οι χρησιμοποιούμενες για βαθμονόμηση φωτογραφίες από το *Photomodeler Scanner 6* είχαν ληφθεί από προηγούμενες εργασίες κατά το ERASMUS IP (08/06/2010).

3.5.3.1. Image Master

Για τη βαθμονόμηση χρησιμοποιείται το ειδικό λογισμικό *ImageMaster Calib* το οποίο είναι ανεξάρτητο αλλά παρέχεται μαζί με το κυρίως πρόγραμμα. Το λογισμικό αυτό απαιτεί για τη βαθμονόμηση της κάμερας ένα ειδικό φύλλο βαθμονόμησης (εικόνα_12). Αφού τοποθετήθηκε το φύλλο βαθμονόμησης σε επίπεδη επιφάνεια, ώστε να μην παραμορφώνεται το σχήμα του, λήφθηκαν πέντε φωτογραφίες από διαφορετικά σημεία λήψης. Οι φωτογραφίες έπρεπε να περιλαμβάνουν ολόκληρο το φύλλο υπό τη γεωμετρία που φαίνεται παρακάτω (εικόνα_13)



Εικόνα_12: Φύλλο βαθμονόμησης για το *Image Master*



Εικόνα_13: Απαιτούμενες φωτογραφίες για τη βαθμονόμηση από το *Image Master*

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη βαθμονόμηση σε αρχείο pdf. Το λογισμικό δίνει, επίσης, τα αποτελέσματα και σε ένα τύπο (.cmr) συμβατό με το ίδιο το πρόγραμμα *Image Master*. Επιπλέον, στην εικόνα_27

παρουσιάζεται γραφικά η διαφορά που η αρχική (κόκκινες γραμμές) και η διορθωμένη εικόνα (μαύρες γραμμές) έχουν.

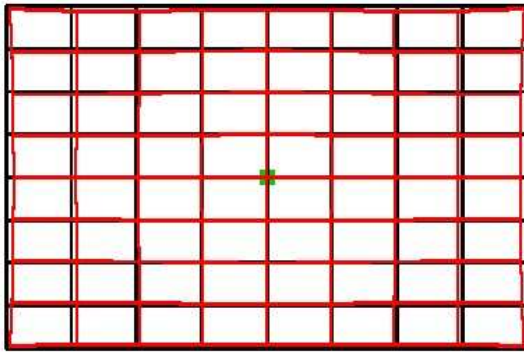
[Lens Distortion Curve]
Camera File Name: fmet6_serie2.cmr
Display Scale (Lens Distortion): 1.0

Interior Orientation Parameters
Focal Length f: 21.015223 [mm]
Principal Point Xp: 17.556069 [mm]
Principal Point Yp: 11.537973 [mm]

Lens Distortion Parameters
Radial Distortion K1: 2.160317e-004
Radial Distortion K2: -4.232613e-007
Tangential Distortion P1: -7.126134e-007
Tangential Distortion P2: -8.586666e-006

Pixel Size Xr: 6.2 [um]
Pixel Size Yr: 6.2 [um]

Max of Before Correction: 53.465 [Pixel]

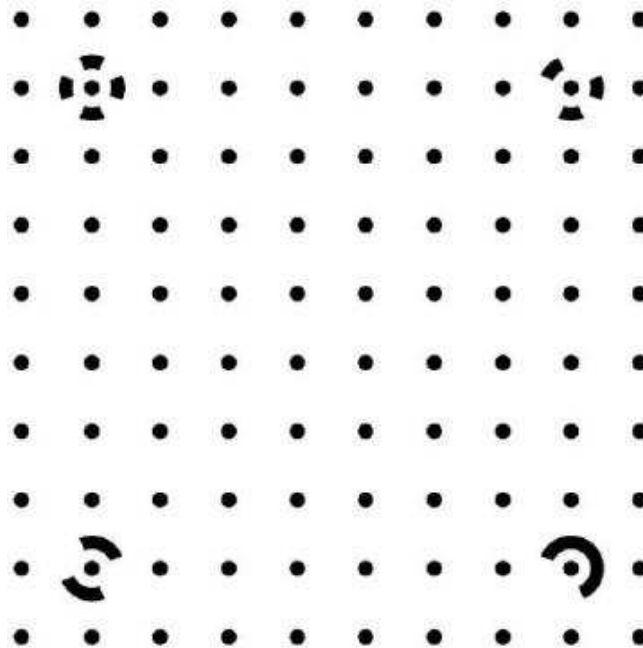


Black Line: Ideal Value
Red Line: Before Correction

Εικόνα_14: Αποτέλεσμα βαθμονόμησης (*Image Master*)

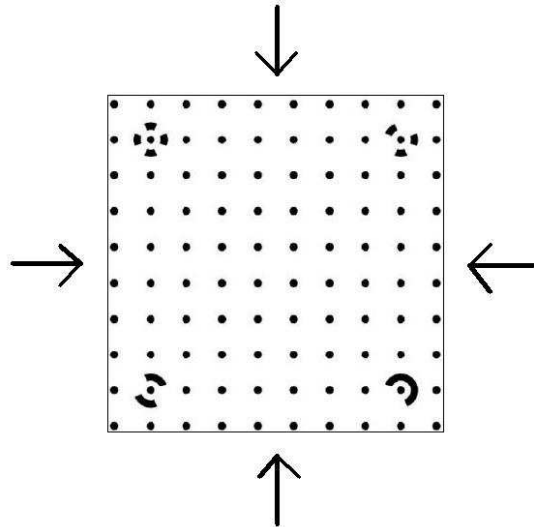
3.5.3.2. Photomodeler Scanner 6

Η βαθμονόμηση γίνεται από το ίδιο το *Photomodeler Scanner 6*, το οποίο απαιτεί φωτογραφίες ενός ειδικού φύλλου βαθμονόμησης (εικόνα_15)



Εικόνα_15: Φύλλο βαθμονόμησης για το *Photomodeler Scanner 6*

Λήφθηκαν 12 φωτογραφίες από 4 διαφορετικές θέσεις (εικόνα_16) με την κάμερα υπό συγκεκριμένες στροφές (εικόνα_17)

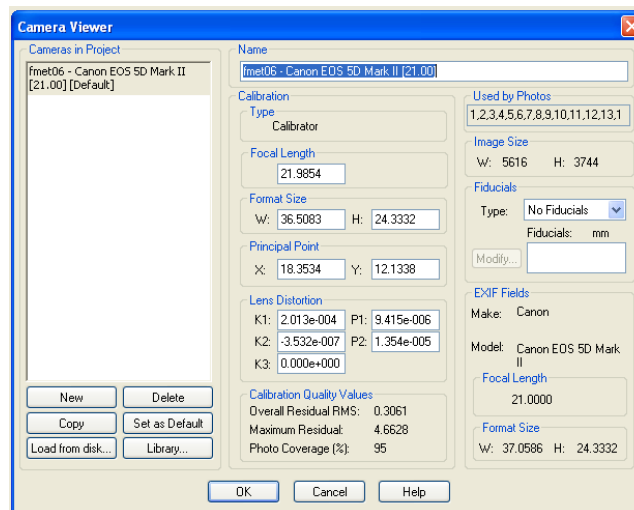


Εικόνα_16: Θέσεις λήψης των φωτογραφιών για βαθμονόμηση



Εικόνα_17: Στροφές της κάμερας κατά την λήψη των φωτογραφιών

Παρακάτω (εικόνα_18) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης όπως παρέχονται από το *Photomodeler Scanner 6*. Τα αποτελέσματα αυτά εξάγονται σε αρχείο τύπου *png*, αλλά και σε ένα αρχείο τύπου *pmr* συμβατό με το ίδιο το πρόγραμμα.



Εικόνα_18: Αποτελέσματα βαθμονόμησης του *Photomodeler Scanner 6*

3.5.4. Παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας

Η παραγωγή Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας ήταν απαραίτητη για την παραγωγή ορθοφωτογραφιών. Παράχθηκαν και από τα δυο διαθέσιμα λογισμικά (*Image Master* και *Photomodeler Scanner 6*), αξιολογήθηκαν και επιλέχθηκαν για την αναπαράσταση τα καλύτερα. Τα μοντέλα όλης της εκκλησίας συνενώθηκαν με το πρόγραμμα *Rapidform*, ώστε να προκύψει ένα ολοκληρωμένο μοντέλο του εσωτερικού της εκκλησίας.

Ως ένα προστάδιο για την παραγωγή του δικτύου ακανόνιστων τριγώνων (Triangulated Irregular Network-TIN), το *Photomodeler Scanner 6* παράγει νέφη σημείων. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν και τα νέφη αυτά για την αναπαράσταση, καθώς δίνουν μια τρισδιάστατη αίσθηση για το αντικείμενο, χωρίς συνεχή πληροφορία, αλλά με επαρκή λεπτομέρεια.

Για κάθε τοίχο επιλέχθηκαν τα κατάλληλα ζεύγη φωτογραφιών με την απαραίτητη γεωμετρία αξόνων και επικάλυψη και με το κριτήριο της πληρότητας ολόκληρου του αντικειμένου. Όσο πιο μικρός ο τοίχος και επίπεδος, τόσο μεγαλύτερη ευελιξία υπήρχε στην επιλογή των φωτογραφιών.

Τα μοντέλα αφού δημιουργήθηκαν, υπέστησαν επεξεργασία, ώστε να αφαιρεθεί ο 'θόρυβος' διαγράφοντας σημεία από τα νέφη σημείων και τρίγωνα από τα δίκτυα ακανόνιστων τριγώνων, διαδικασία που γίνεται χειροκίνητα. Η υφή εισάγεται αυτόματα.

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα δυο χρησιμοποιούμενα προγράμματα

3.5.4.1. Image Master

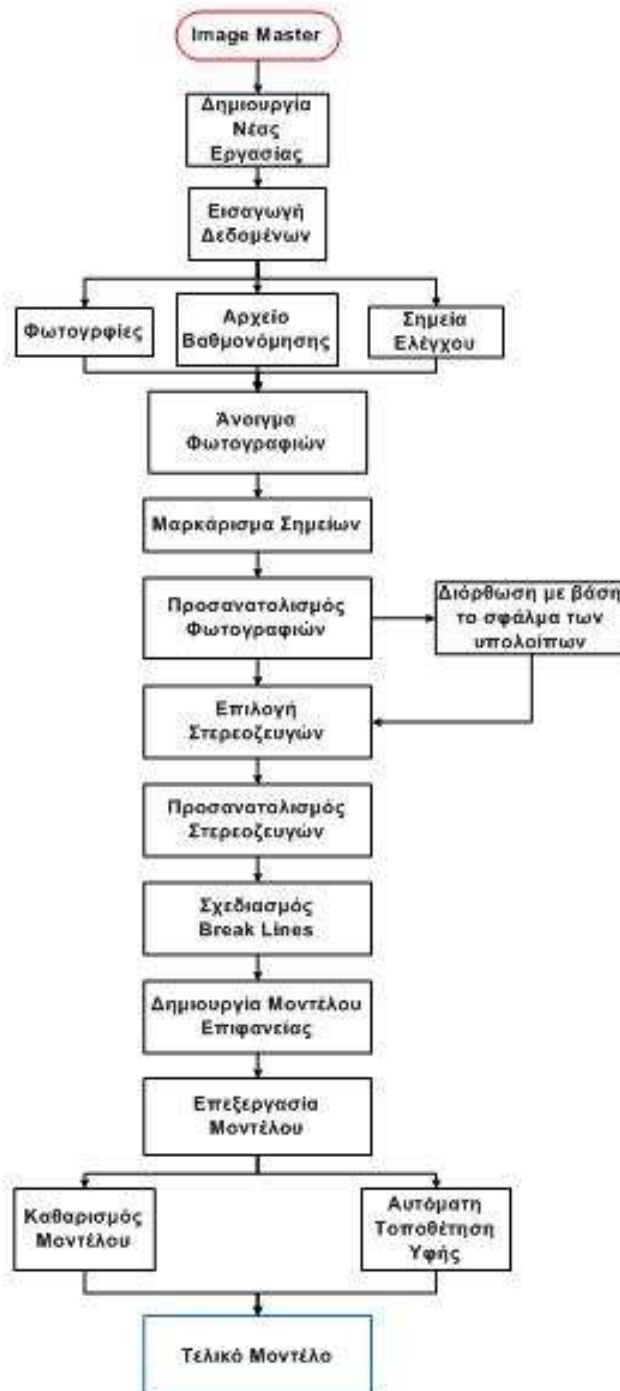
Το *Image Master* είναι ένα πρόγραμμα της *TOPCON* και ανάμεσα στις δυνατότητές του είναι η παραγωγή ορθοφωτογραφιών, Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (Digital Terrain Model - DTM) ή Επιφάνειας (DSM) αποτελούμενο από δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων με ή χωρίς υφή. Παρέχει δυνατότητα στερεοσκοπικής θέασης του αντικειμένου και στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε μια συμπληρωματική λειτουργία στερεοαπόδοσης με προσθήκη γραμμών αλλαγής κλίσης (break lines) μέσω της επιπολικής γεωμετρίας.

Η επίλυση των προσανατολισμών γίνεται με τη μέθοδο του φωτοτριγωνισμού με τη χρησιμοποίηση των στοιχείων του εσωτερικού προσανατολισμού, σημείων γνωστών συντεταγμένων και σημείων σύνδεσης (tie points). Απαιτείται δηλαδή η αναγνώριση ομόλογων σημείων στις φωτογραφίες, η οποία όσον αφορά στα σημεία σύνδεσης μπορεί να γίνει είτε αυτόματα μέσω μιας λειτουργίας που ανιχνεύει ακμές και που καθιστά δυνατό τον αυτόματο εντοπισμό σημείων λεπτομερειών, είτε από τον χειριστή. Στην προκειμένη περίπτωση προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια, τα σημεία σύνδεσης εντοπίστηκαν από τον χειριστή.

Το λογισμικό δημιουργεί Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους ή Επιφάνειας ύστερα από επιλογή του χρήστη της κατάλληλης πυκνότητας σύμφωνα με το επιθυμητό επίπεδο λεπτομερειών, τη φύση του αντικειμένου και το τελικό αποτέλεσμα που περιλαμβάνει και την ακρίβεια των ορθοφωτογραφιών.. Προκειμένου να επιτευχθεί

ομοιογένεια στο τελικό προϊόν επιλέχθηκε η ίδια πυκνότητα (2cm) για τα δίκτυα όλων των τοίχων. Η επιλογή αυτή οδήγησε σε πολύ λεπτομερή αναπαράσταση του μνημείου, το οποίο αποτελείται από τοίχους, χωρίς ιδιαίτερα μικρές λεπτομέρειες και ως εκ τούτου εκτιμήθηκε ότι δεν ήταν απαραίτητο τελικά ένα τόσο πυκνό δίκτυο.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής της λειτουργίας του προγράμματος ως και το στάδιο της παραγωγής Ψηφιακών Μοντέλου Επιφάνειας.



Διάγραμμα_3: Διάγραμμα ροής λειτουργίας του *Image Master*

3.5.4.2. *Photodeler Scanner 6*

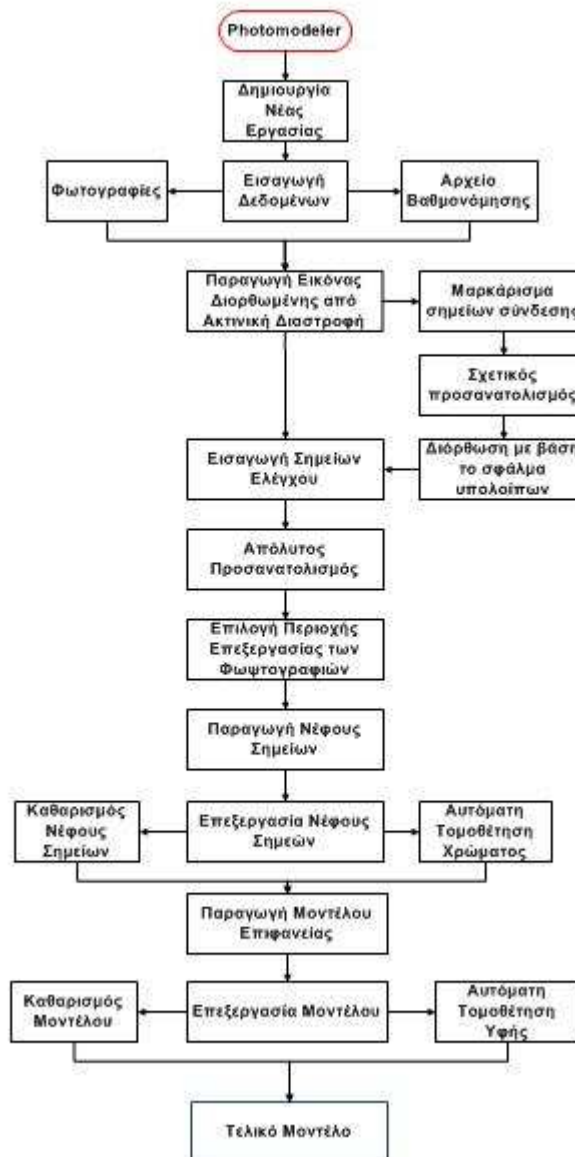
Το δεύτερο πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των φωτογραφιών ήταν το *Photodeler Scanner 6* της EOS Ανάμεσα στις δυνατότητές του είναι η παραγωγή υψομετρικών καμπυλών, τρισδιάστατων μοντέλων (νέφη σημείων, δίκτυα ακανόνιστων τριγώνων, μοντέλα με υφή), ορθοφωτογραφιών.

Για την επίλυση των προσανατολισμών χρησιμοποιείται η μέθοδος του φωτοτριγωνισμού με δεδομένα τα στοιχεία της βαθμονόμησης, σημεία σύνδεσης και σημεία γνωστών συντεταγμένων. Ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα δεν παρέχει δυνατότητα στερεοσκοπικής όρασης.

Για την παραγωγή των νεφών σημείων πρέπει να καθοριστεί η πυκνότητα σημείων. Αποφασίστηκε πυκνότητα 1cm για όλα τα μοντέλα, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια, κάτι που οδήγησε σε καλά αποτελέσματα, αλλά έκανε τη διαδικασία ιδιαίτερα αργή. Στο τέλος εκτιμήθηκε ότι θα έπρεπε να δοκιμαστεί και να επιλεγεί ένα λιγότερο πυκνό νέφος.

Το πλεονέκτημα αυτού του λογισμικού είναι ότι οι απαιτούμενες φωτογραφίες με τους άξονες να τέμνονται υπό γωνία μπορούν να επιλυθούν σε ενιαίο προσανατολισμό.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής της λειτουργίας του προγράμματος ως και το στάδιο της παραγωγής τρισδιάστατου μοντέλου.



Διάγραμμα_4: Διάγραμμα ροής λειτουργίας του *Photomodeler Scanner 6*

Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα _3 & 4, τα δύο προγράμματα έχουν παρόμοιες λειτουργίες με βασικές διαφορές την παραγωγή από το *Photomodeler Scanner 6* μιας νέας εκόνας, η οποία είναι διορθωμένη από ακτινική διαστροφή και την παραγωγή νέφους σημείων πριν τη δημιουργία μοντέλου επιφανείας. Πρόκειται για διαδικασίες που εξυπηρετούν ορισμένες φορές, αλλά και επιβραδύνουν τις διαδικασίες.

Να σημειωθεί ότι τα μοντέλα που παράχθηκαν από το *Photomodeler Scanner 6* είναι μόνο νέφη σημείων. Παράχθηκε μόνο ένα δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων (δυτικός τοίχος), ώστε να συγκριθεί με το αντίστοιχο μοντέλο του *Image Master*. Με βάση αυτή τη σύγκριση (κεφάλαιο_3.5.4.4) αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν τα μοντέλα επιφανειών μόνο του *Image Master*.

3.5.4.3. Χαρακτηριστικά Αντικειμένου και Επεξεργασία

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια χαρακτηριστικά και προκλήσεις ως προς την αποτύπωση που διέθετε κάθε τοίχος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η λέξη ‘μοντέλο’ αφορά στην περιγραφή του τρισδιάστατου μοντέλου (νέφος σημείων, δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων) και δε θα πρέπει να συγχέεται με το στερεομοντέλο που δημιουργείται από ένα ζεύγος φωτογραφιών.

Ανατολικός τοίχος

Πρόκειται για ένα τοίχο μικρών σχετικά διαστάσεων (μήκος 7m * ύψος 4m) και απλού σχήματος (έλλειψη προεξοχών, περίτεχνων λεπτομερειών). Παρακάτω (εικόνα_19) τονίζονται με κόκκινο κύκλο οι προβληματικές περιοχές. Πρόκειται για περιοχές καλυμμένες από βλάστηση που δεν απεικονίζονται καλά στο μοντέλο.

Εκτιμάται ότι τα φυτά στο κάτω μέρος του τοίχου έπρεπε να είχαν αφαιρεθεί πριν τη λήψη φωτογραφιών, ωστόσο τα φυτά στο πάνω μέρος δεν ήταν δυνατόν να απομακρυσθούν, καθώς έτσι θα δημιουργούνταν στατικά προβλήματα στο Μνημείο.

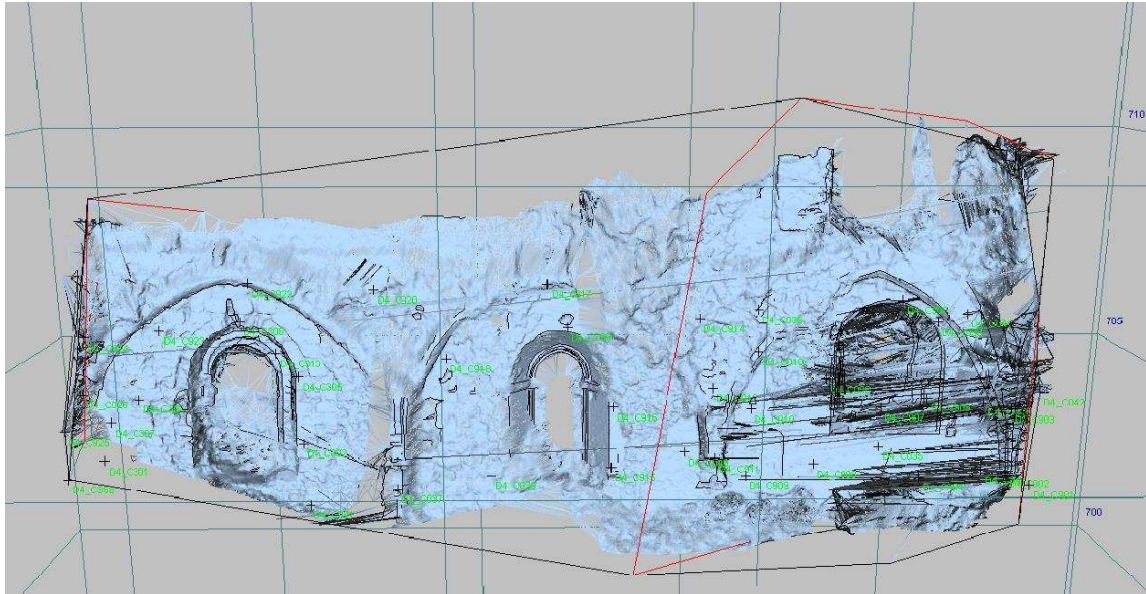


Εικόνα_19: Προβληματικές περιοχές

Νότιος τοίχος

Πρόκειται για ένα σχετικά μεγάλο τοίχο διαστάσεων 20m μήκος και 4m ύψος. Φέρει στοιχεία που χρειάζονται προσοχή κατά την αποτύπωση όπως κίονες, παράθυρα, ιδιαίτερες λεπτομέρειες και γενικότερα στοιχεία που δεν είναι παράλληλα στο επίπεδο προβολής των ορθοφωτογραφιών.

Μια πρώτη προσπάθεια απόδοσής του με το *Image Master* έγινε με τη δημιουργία ενός μοντέλου ολόκληρου του τοίχου, η οποία έδωσε απογοητευτικά αποτελέσματα (εικόνα_20). Κατά τη δημιουργία τριγώνων ενώθηκαν σημεία που δε θα έπρεπε και ο θόρυβος του δικτύου ήταν αδύνατον να εξαιρεθεί. Τα προβλήματα επιλύθηκαν με επεξεργασία του τοίχου σε τρία μικρότερα τμήματα, δημιουργώντας τρία μοντέλα.



Εικόνα_20: Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων του νοτίου τοίχου από ένα ενιαίο μοντέλο

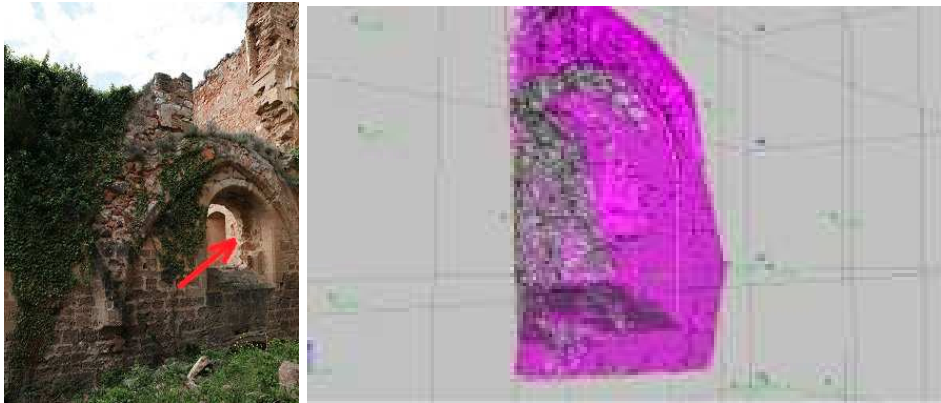
Τα μοντέλα αυτά δημιουργήθηκαν με τον ίδιο, κοινό προσανατολισμό, αλλά επιλέγοντας διαφορετική, μικρότερη περιοχή για τη δημιουργία του δικτύου ακανόνιστων τριγώνων.

Επιπλέον, ο τοίχος έχει κάποια τμήματα τα οποία δεν ήταν ορατά από τα χρησιμοποιούμενα ζεύγη φωτογραφιών που επιλέχθηκαν, έτσι επιλέχθηκαν νέες φωτογραφίες για τη δημιουργία νέων συμπληρωματικών μοντέλων με διαφορετική επίλυση προσανατολισμού. Ένα παράδειγμα είναι αυτό των πλευρικών τμημάτων του κίονα (εικόνα_21). Για να αποδοθεί το στοιχείο αυτό, απαιτήθηκε η δημιουργία δύο μικρότερων ψηφιακών μοντέλων.



Εικόνα_21: Κίονας του νοτίου τοίχου

Ένα άλλο παράδειγμα που χρειάστηκε περισσότερη προσοχή και ξεχωριστή επεξεργασία ήταν το παράθυρο του δυτικού τμήματος του τοίχου (εικόνα_22). Το παράθυρο αυτό έχει ένα βάθος το οποίο δεν πρέπει να φαίνεται στην ορθοφωτογραφία, αλλά αποτελεί στοιχείο του τρισδιάστατου Μοντέλου, το οποίο παρουσιάζει ολόκληρο τον τοίχο - χρήσιμο για το στάδιο της Αποκατάστασης. Το παράθυρο αυτό αναπαραστάθηκε από 2 μοντέλα ένα μεγαλύτερο που δείχνει το εξωτερικό του σχήμα και ένα μικρότερο που δείχνει το δυτικό εσωτερικό τμήμα του (εικόνα_23). Το ανατολικό αντίστοιχο τμήμα του δεν αναπαρίσταται, καθώς υπήρχε έλλειψη αρχικών φωτογραφιών για το κομμάτι αυτό.



Εικόνες_22 & 23: Το βάθος του παραθύρου του νοτίου τοίχου (δυτικό τμήμα)

Σε αντίθεση με το *Image Master*, στο *Photomodeler Scanner 6* συνδυάζονταν όλες οι φωτογραφίες σε μία προσπάθεια. Για παράδειγμα για το προαναφερόμενο παράθυρο του τοίχου αυτού έγινε κοινή επεξεργασία με το υπόλοιπο τμήμα του τοίχου σε ένα μόνο μοντέλο.



Εικόνα_24: Νέφος Σημείων του δυτικού τμήματος του νοτίου τοίχου

Δυτικός τοίχος

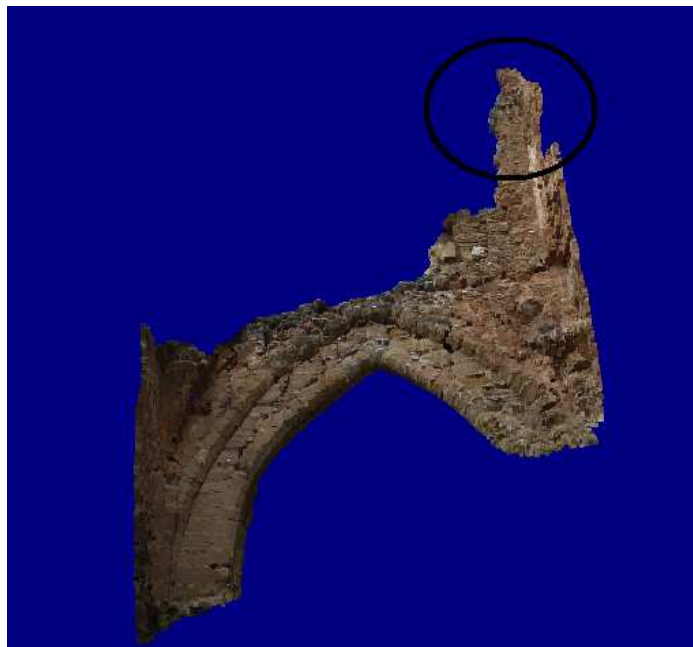
Πρόκειται για τοίχο διαστάσεων μήκους 4m και ύψους από 4 ως 8m. Χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή στην απόδοση του βορειότερου τμηματός του – ύψους 8m, καθώς λόγω του μεγάλου ύψους απεικονιζόταν στις αρχικές φωτογραφίες υπό γωνία (εικόνα_25). Αντίστοιχο πρόβλημα υπήρχε με το ψηλό νότιο τμήμα του τοίχου το οποίο τελικά δεν αποδόθηκε, καθώς δεν απεικονιζόταν στις αρχικές φωτογραφίες.

Επιπλέον, το τμήμα αυτό καλυπτόταν σε μεγάλο βαθμό από αναρριχώμενα φυτά, τα οποία δεν επιτρεπόταν να αφαιρεθούν γεγονός που δεν βοηθούσε την αποτύπωσή του (εικόνα_26).



Εικόνα_25 : Ψηλό βόρειο τμήμα του δυτικού τοίχου
Εικόνα_26: Αναρριχώμενα φυτά επί του τοίχου

Με το *Image Master* η επεξεργασία του ψηλότερου τμήματος έγινε ξεχωριστά, ενώ με το *Photomodeler Scanner 6* η επεξεργασία όλου του τοίχου έγινε ενιαία.



Εικόνα_27: Ψηλότερο κομμάτι του Δυτικού τοίχου σε κοινό μοντέλο με τον υπόλοιπο τοίχο, *Photomodeler Scanner 6*

Βόρειος τοίχος

Πρόκειται για τον πιο δύσκολο προς αποτύπωση τοίχο, με μήκος 20m και αρκετά ψηλή (10m – κατ' εκτίμηση) τη δυτική πλευρά του και μη κανονική επιφάνεια (εικόνα_28).



Εικόνα_28: Δυτικό τμήμα του Βορείου τοίχου με μη κανονική επιφάνεια

Για τη ανατολική πλευρά (ύψους 4 ως 7m) δημιουργήθηκαν δύο μοντέλα, ενώ το δυτικό τμήμα δεν μπόρεσε να ολοκληρωθεί με επιτυχία. Οι πιθανοί λόγοι είναι ο κακός προσανατολισμός λόγω έλλειψης φωτοσταθερών σημείων και η αδυναμία εύρεσης ομόλογων σημείων επί των δύο φωτογραφιών λόγω της επαναλαμβανόμενης υφής, της ανώμαλης επιφάνεια και της κλίσης που είχαν οι εικόνες.

Για την επίλυση του πρώτου ενδεχόμενου προβλήματος και τη βελτίωση του προσανατολισμού στο κομμάτι αυτό ελέγχθηκε η δυνατότητα χρησιμοποίησης των σαρώσεων που ήδη υπήρχαν (ERASMUS IP, Ιούλιος 2010). Ελέγχθηκαν τα δεδομένα από τον σαρωτή Z+F, στο λογισμικό Z+F Laser Control-[3D View]. Πρόκειται για σαρώσεις από το εσωτερικό της εκκλησίας, οι οποίες ήταν γεωαναφερμένες. Συνεπώς, υπήρχαν διαθέσιμες συντεταγμένες σημείων της Εκκλησίας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως φωτοσταθερά κατά την επίλυση του προσανατολισμού. Αλλά σε αυτό το κομμάτι του τοίχου οι σαρώσεις δεν ήταν καλές επίσης λόγω ύψους και επιφάνειας του τοίχου.

Επιχειρήθηκε, λοιπόν, να προσανατολιστεί η περιοχή ενιαία με το χαμηλότερο τμήμα του τοίχου, για το οποίο υπήρχαν επαρκή φωτοσταθερά, αλλά το Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας ήταν κακό και σχετικά αραιό καθώς δεν ήταν δυνατή η εύρεση ομόλογων σημείων. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η επιφάνεια και η υφή ήταν το κύριο πρόβλημα της αποτύπωσης αυτής και όχι η έλλειψη φωτοσταθερών. Για τέτοιου

είδους επιφάνειες απαιτούνται φωτογραφίες από διαφορετικές οπτικές γωνίες και ύψος.

3.5.4.4. Σύγκριση Μοντέλων

Με βάση τα κριτήρια της πληρότητας, του θορύβου και της ραδιομετρικής ομοιογένειας των μοντέλων που αναλύονται στο κεφάλαιο_3.6 θεωρήθηκε ότι τα μοντέλα που προέκυψαν και από δύο προγράμματα έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Προκειμένου όμως να συγκριθούν καλύτερα τέθηκαν τα εξής κριτήρια:

- Δυνατότητα Παρέμβασης στις Διαδικασίες
- Απαιτούμενος Χρόνος – Ταχύτητα Εργασιών
- Οπτικό Αποτέλεσμα των Μοντέλων

Έχουν γίνει και στο παρελθόν προσπάθειες για την αξιολόγηση παρόμοιων τρισδιάστατων μοντέλων (Pablo Ibáñez de Elejalde Landa, 2011), οι οποίες αξιοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία.

Μια επιπλέον σημείωση αφορά στην αδυναμία των μοντέλων που παρήχθησαν με το Photomodeler Scanner 6 να ελεγχθούν γεωμετρικά από το ίδιο το πρόγραμμα.

Δυνατότητα Παρέμβασης στις Διαδικασίες

Το *Photomodeler Scanner 6* δίνει πληθώρα παραμέτρων κατά την παραγωγή των Μοντέλων που μπορούν να καθοριστούν από το χρήστη. Πρόκειται όμως για επιλογές με τις οποίες δεν είναι εξοικειωμένος ο μέσος χρήστης με αποτέλεσμα πολλές φορές να χρησιμοποιούνται οι προκαθορισμένες επιλογές του ίδιου του προγράμματος.

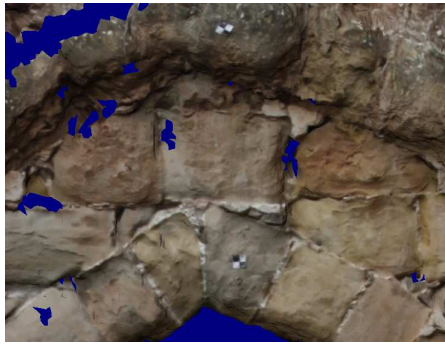
Κύρια διαφορά που καταγράφηκε υπέρ του *Image Master* είναι η δυνατότητα δημιουργίας γραμμών αλλαγής κλίσης (breaklines).

Απαιτούμενος Χρόνος – Ταχύτητα Εργασιών

Ο χρόνος αναμονής για τη δημιουργία των μοντέλων μετά την εισαγωγή των απαραίτητων στοιχείων από το χρήστη ήταν περισσότερος για το *Photomodeler Scanner 6*. Βέβαια, το γεγονός αυτό δεν μπορεί να γενικευθεί, γιατί αφορά σε πολύ συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας, καθώς τα δύο λογισμικά χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικούς υπολογιστές με διαφορετικές δυνατότητες.

Οπτικό Αποτέλεσμα των Μοντέλων

Προκειμένου να εξετασθεί καλύτερα το οπτικό αποτέλεσμα, έγινε σύγκριση δύο ίδιων επιφανειών με υφή και από τα δύο προγράμματα. Όπως φαίνεται στην εικόνα_29 η επιφάνεια του *Photomodeler Scanner 6* δεν είναι τόσο καλή όσο της αντίστοιχης του *Image Master* (εικόνα_30). Εκτιμάται ότι η διαφορά αυτή οφείλεται στον αλγόριθμο που κάθε πρόγραμμα χρησιμοποιεί για την παρεμβολή του χρώματος και τη λείανση της επιφάνειας.



Εικόνα_29: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας, *Photomodeler Scanner 6*
Εικόνα_30: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας, *Image Master*

Συμπερασματικά προκύπτει ότι για τη Διπλωματική αυτή Εργασία το Image Master είναι καλύτερο και αποφασίστηκε η παραγωγή των ορθοφωτογραφιών από αυτό.

3.5.5. Παραγωγή Ορθοφωτογραφιών

Κατά την παραγωγή της ορθοφωτογραφίας ο χρήστης περιορίζεται στην εισαγωγή των κατάλληλων δεδομένων (αρχικές φωτογραφίες, συντεταγμένες των φωτοσταθερών και στοιχεία βαθμονόμησης αν δεν επιλύονται ενιαία από το πρόγραμμα), του μεγέθους της εδαφοψηφίδας (GSD - Ground Sampling Distance) το τμήμα του δικτύου ακανόνιστων τριγώνων που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή της ορθοφωτογραφίας, το επίπεδο προβολής, την αρχική φωτογραφία από την οποία θα γίνει η ραδιομετρική παρεμβολή και τη μέθοδο της παρεμβολής (κοντινότερου γείτονα, γραμμική ή διγραμμική). Ενώ, για μεγαλύτερη ακρίβεια μπορεί επίσης να εντοπίσει τα σημεία σύνδεσης και να φέρει τις γραμμές αλλαγής κλίσεων, πράγμα που έγινε στη συγκεκριμένη εργασία.

Προκειμένου να παραχθεί ένα ενιαίο αποτέλεσμα, όλες οι ορθοφωτογραφίες δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τις ίδιες παραμέτρους. Για την κλίμακα των ορθοφωτογραφιών 1:50 επιλέχθηκε GSD=5mm (Paul Bryan, Bill Blake, Jon Bedford, 2009).

Τα τελικά προϊόντα αξιολογήθηκαν μέσω του ελέγχου της θέσης των σημείων γνωστών συντεταγμένων επί αυτών. Προκειμένου να βελτιωθεί η αξιολόγηση, ελέγχθηκαν ορισμένα σημεία τα οποία δεν είχαν χρησιμοποιηθεί κατά τη διαδικασία υπολογισμού των στοιχείων του προσανατολισμού. Τα επιμέρους αποτελέσματα και οι ακρίβειές τους αναλύονται στο κεφάλαιο_3.6.2.

Οι ορθοφωτογραφίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από από τα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας και ακολουθούν παρόμοια διαχείριση με αυτή των μοντέλων που αναλύθηκε παραπάνω σε αυτό το κεφάλαιο (3.5.4.3.).

3.6. Αποτελέσματα – Αξιολόγηση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των παραπάνω διεργασιών και η αξιολόγησή τους. Τα κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογήθηκαν τόσο τα Μοντέλα (Νέφη Σημείων, Ακανόνιστα Δίκτυα Τριγώνων με επιφάνειες), όσο και οι ορθοφωτογραφίες είναι τα ακόλουθα:

- Η πληρότητα του αντικειμένου. Το αντικείμενο χωρίστηκε σε δυο περιοχές – μια περιοχή που ήταν απαραίτητο να αναπαρασταθεί και μία που η αναπαραστάσή της δεν εκτιμήθηκε ως αναγκαία. Στη δεύτερη κατηγορία συμπεριλήφθηκαν τμήματα του αντικειμένου επί των οποίων δεν υπάρχει ανάγκη για μετρήσεις, όπως τμήματα των τοίχων που καλύπτονται από βλάστηση. Επιπλέον τα εσωτερικά τμήματα των εσοχών (τρυπών) του ανατολικού τοίχου, αποτέλεσαν περιοχές οι οποίες ύστερα από συνεννόηση με την συνεργάτιδα αρχαιολόγο αποφασίστηκε να μην αποτυπωθούν.
- Η γεωμετρική – μετρητική ακρίβεια του προϊόντος. Το κριτήριο αυτό είναι πολύ σημαντικό για τις περιοχές στις οποίες αναμένεται να γίνουν μετρήσεις. Συνεπώς για τις περιοχές οι οποίες, όπως αναφέρεται παραπάνω (κριτήριο_1), δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις η κακή γεωμετρική ακρίβεια δεν μειώνει την ποιότητα του αποτελέσματος. Για τις υπόλοιπες περιοχές η επιθυμητή ακρίβεια είναι $1, 25 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$, η οποία είναι η απαιτούμενη για την κλίμακα 1:50. Όσον αφορά στα μοντέλα, η βασική απαίτηση είναι να μπορούν να οδηγήσουν στην απαιτούμενη ακρίβεια για τις ορθοφωτογραφίες. Μια ακρίβεια της τάξης των 2-3 cm είναι αρκετή, καθώς θα χρησιμοποιηθούν για τρισδιάστατη οπτική παρατήρηση της εκκλησίας και για την τρισδιάστατη Αποκατάστασή της.
- Η ποσότητα του θορύβου. Ο θόρυβος σε ένα Νέφος Σημείων ή Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων είναι σημεία ή τρίγωνα, αντίστοιχα, τα οποία δε θα έπρεπε να εμφανίζονται ή βρίσκονται εκτός του αντικειμένου ενδιαφέροντος. Αυτός ο θόρυβος εκφράζεται στις ορθοφωτογραφίες μέσω προβαλλόμενων περιοχών που δε θα έπρεπε να προβάλλονται.
- Η ραδιομετρική ομοιογένεια. Το κριτήριο αυτό αφορά κυρίως σε διαφορετικά μοντέλα και ορθοφωτογραφίες του ίδιου τοίχου τα οποία αν και μπορεί να δημιουργήθηκαν με διαφορετικές προδιαγραφές (διαφορετικές αρχικές φωτογραφίες ή διαφορετική φωτογραφία αναφοράς για την παρεμβολή του χρώματος) θα πρέπει να μην έχουν ευδιάκριτες χρωματικές μεταβολές.

3.6.1. Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας

Σε γενικές γραμμές η πληρότητα, η ποσότητα του θορύβου και η ραδιομετρική ομοιογένεια των μοντέλων κρίθηκε καλή με περιθώριο βελτίωσης όσον αφορά στη λήψη περισσότερων αρχικών εικόνων για την κάλυψη κενών και στον περαιτέρω καθαρισμό του θορύβου σε ορισμένα σημεία.

Η γεωμετρική ακρίβεια, επίσης, θεωρείται ικανοποιητική. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά οι αποκλίσεις των σημείων ελέγχου επί των μοντέλων με υφή. Ενώ στο παράρτημα_2 παρουσιάζονται αναλυτικά οι αποκλίσεις όλων των σημείων..

Τοίχος	Μέση Απόκλιση χρησιμοποιούμενων σημείων (m)	Μέση Απόκλιση μη χρησιμοποιούμενων σημείων (m)	Μέγιστη Απόκλιση (m)
--------	---	--	----------------------

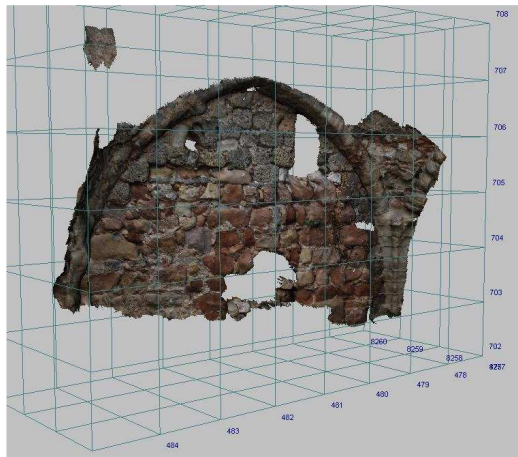
Ανατολικός	0,011	0,018	0,025
Νότιος	0,009	0,015	0,036
Δυτικός	0,006	0,023	0,049
Βόρειος	0,005	0,005	0,010

Πίνακας_4: Ακρίβεια των μοντέλων , όπως υπολογίστηκε από τον έλεγχο της θέσης των σημείων γνωστών συντεταγμένων

Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες των μοντέλων από μια οπτική γωνία τέτοια, ώστε να φαίνονται καλύτερα τα χαρακτηριστικά τους. Τόσο τα Νέφη Σημείων, όσο και τα Δίκτυα Ακανόνιστων Τριγώνων παρουσιάζονται με χρώμα.

Ανατολικός τοίχος

- Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων με υφή, *Image Master*



Εικόνα_31: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας ανατολικού τοίχου

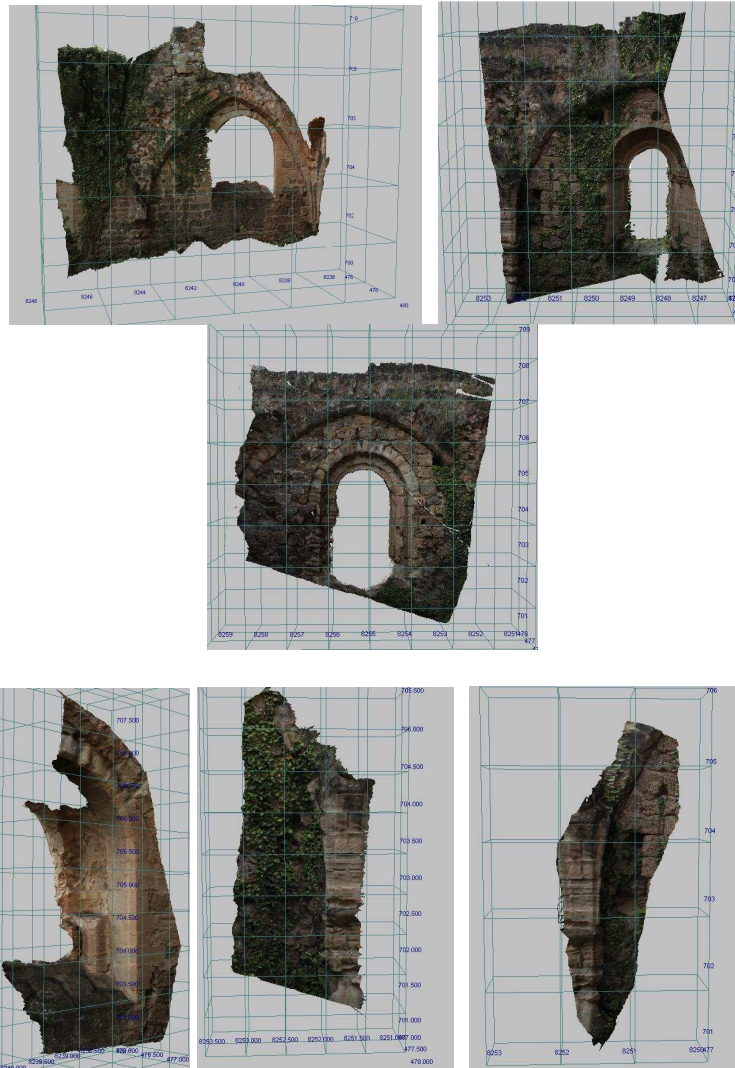
- Νέφος σημείων με χρώμα, *Photomodeler Scanner 6*



Εικόνα_32: Νέφος σημείων του ανατολικού τοίχου

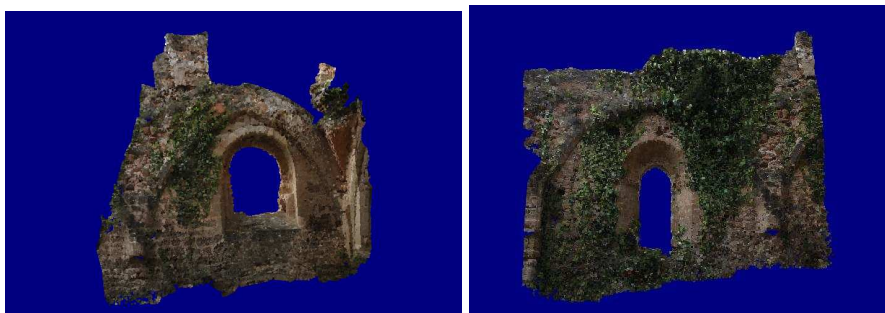
Νότιος τοίχος

- Δίκτυα Ακανόνιστων Τριγώνων με υφή, *Image Master*



Εικόνες_33, 34, 35, 36, 37 & 38: Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας του νοτίου τοίχου

- Νέφη σημείων με χρώμα, *Photomodeler Scanner 6*

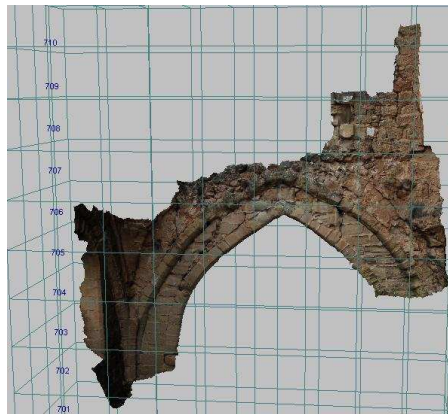




Εικόνες_39, 40 & 41: Νέφη σημείων του νοτίου τοίχου

Δυτικός τοίχος

- Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων με υφή, *Image Master*



Εικόνα_42: Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας του δυτικού τοίχου

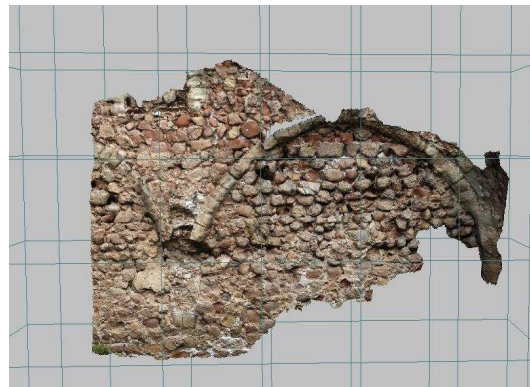
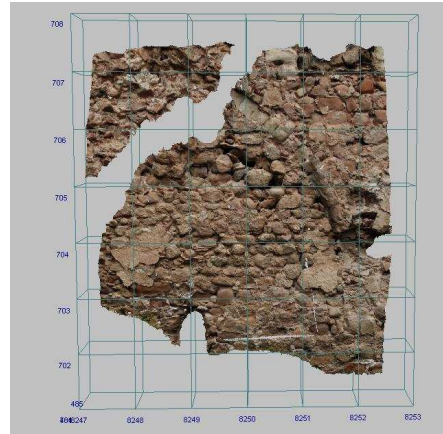
- Νέφος σημείων με χρώμα, *Photomodeler Scanner 6*



Εικόνα_43: Νέφος σημείων του δυτικού τοίχου

Βόρειος τοίχος

- Δίκτυα Ακανόνιστων Τριγώνων με υφή, *Image Master*

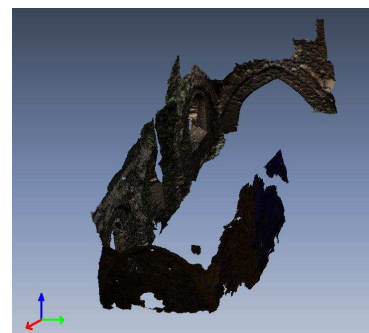
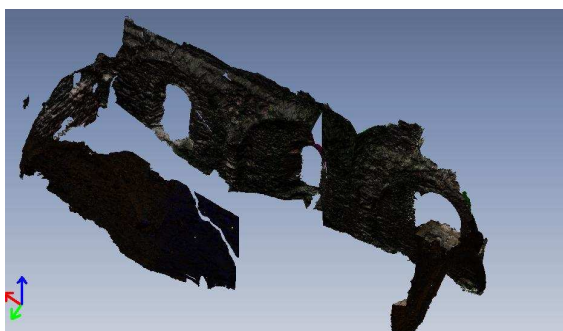


Εικόνες_44 & 45: Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας του βορείου τοίχου

Συνένωση των μοντέλων

Αφού δημιουργήθηκαν, διορθώθηκαν και ελέγχθηκαν τα μοντέλα, συνενώθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού *Rapidform*. Εν τέλει, χρησιμοποιήθηκαν 12 μοντέλα που αναπαριστούν το μεγαλύτερο μέρος του εσωτερικού της εκκλησίας. Για τον προσανατολισμό των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν φωτοσταθερά σε κοινό σύστημα συντεταγμένων, συνεπώς για την ένωση των μοντέλων αρκεί η εισαγωγή τους στο *Rapidform*. Στα κοινά σημεία η επικάλυψη οπτικά ήταν ιδιαίτερα καλή, στοιχείο που ενίσχυσε την ακρίβεια των μοντέλων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω των πολλών μοντέλων οι διαδικασίες του λογισμικού ήταν πολύ αργές και υπήρχε πρόβλημα στην παρατήρησή τους. Επιπλέον, η υφή δεν είχε καλή ανάλυση.



Εικόνες_46 & 47: Τα συνενωμένα μοντέλα υπό διαφορετικές οπτικές γωνίες

3.6.2. Ορθοφωτογραφίες

Οι ορθοφωτογραφίες σε γενικές γραμμές ακολουθούν την πληρότητα, γεωμετρική και ραδιομετρική ακρίβεια και θόρυβο των μοντέλων.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στη γεωμετρική τους ακρίβεια στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά οι αποκλίσεις των σημείων ελέγχου επί των ορθοφωτογραφιών. Ενώ στο παράρτημα_2 παρουσιάζονται αναλυτικά οι αποκλίσεις όλων των σημείων.

Τοίχος	Μέση Απόκλιση χρησιμοποιούμενων σημείων (m)	Μέση Απόκλιση μη χρησιμοποιούμενων σημείων (m)	Μέγιστη Απόκλιση (m)
Ανατολικός	0,015	0,011	0,028
Νότιος	0,010	0,014	0,032
Δυτικός	0,003	0,007	0,007
Βόρειος	0,004	0,010	0,010

Πίνακας_5: Ακρίβεια των ορθοφωτογραφιών , όπως υπολογίστηκε από τον έλεγχο της θέσης των σημείων γνωστών συντεταγμένων

Το μέγιστο σφάλμα (3cm) για τον ανατολικό τοίχο είναι μεγαλύτερο από το αποδεκτό για την κλίμακα εκτύπωσης των ορθοφωτογραφιών. Η επιφάνεια του τοίχου είναι κανονική και σχετικά επίπεδη, καθώς επίσης και η κατανομή των φωτοσταθερών είναι καλή. Επιπλέον, καλή θεωρείται και η βαθμονόμηση της μηχανής, καθώς δεν παρουσιάζεται πρόβλημα στα υπόλοιπα αποτελέσματα. Συνεπώς το σφάλμα αυτό πιθανό να οφείλεται σε κάποιο λάθος κατά τη φωτογραμμετρική επεξεργασία (σκόπευση του συγκεκριμένου σημείου επί των εικόνων) ή τη γεωδαιτική εργασία πεδίου (μέτρηση του φωτοσταθερού).

Η απόκλιση των σημείων ελέγχου του νοτίου τοίχου ποικίλλει για κάθε ορθοφωτογραφία, ενώ το μέγιστο σφάλμα συνολικά για τον τοίχο είναι 0,032m. Δεδομένης της διαφοράς της ακρίβειας για κάθε ορθοφωτογραφία, θεωρείται απαραίτητο να συνοδεύονται αυτές από τον αντίστοιχο πίνακα (παράρτημα_2), ώστε η τελική μειωμένη ακρίβεια (3,2cm) που αποδίδεται στο ορθοφωτομωσαϊκό να μην συμπαρασύρει όλα τα τμήματά του.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ορθοφωτογραφίες.

Ανατολικός τοίχος



Εικόνα_48: Ορθοφωτογραφία του ανατολικού τοίχου

Νότιος τοίχος



Εικόνες_49, 50, 51, 52 & 53: Ορθοφωτογραφίες του νοτίου τοίχου

Δυτικός τοίχος



Εικόνες_54 & 55: Ορθοφωτογραφίες του δυτικού τοίχου

Βόρειος τοίχος



Εικόνες_56 & 57: Ορθοφωτογραφίες βορείου τοίχου

Στις ορθοφωτογραφίες του βορείου τοίχου υπάρχει ένα μικρό πρόβλημα ραδιομετρικής πιστότητας. Με παρατήρηση διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας γραμμής που διαχωρίζει την ορθοφωτογραφία σε δύο περιοχές με διαφορετική φωτεινότητα. Το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με επεξεργασία των εικόνων με κάποιο σχετικό λογισμικό (π.χ. *Photoshop*). Μια άλλη πρόταση είναι να γίνουν δοκιμές σχετικά με την επιλογή της αρχικής φωτογραφίας από την οποία το *Image Master* παίρνει τη χρωματική πληροφορία. Αυτό δοκιμάστηκε, αλλά λόγω του γεγονότος ότι δεν υπήρχε αρχική φωτογραφία που να περιλαμβάνει ολόκληρη την επιλεγμένη περιοχή για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας, το αποτέλεσμα είχε και πάλι ραδιομετρική διαφορά. Να σημειωθεί ότι η διαφορά αυτή δεν επηρεάζει τη μετρητική ακρίβεια του τελικού αποτελέσματος.

3.7. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Όσον αφορά στο πρώτο τμήμα της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, δηλαδή στην αποτύπωση του εσωτερικού της εκκλησίας, τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στο κομμάτι της αναπαράστασης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απλή παρατήρηση τα αποτελέσματα κρίνονται απόλυτα ικανοποιητικά. Επιπλέον, για τις ανάγκες των συναργαζομένων αρχαιολόγων, τα αποτελέσματα γίνονται επίσης αποδεκτά. Βέβαια επειδή η χρήση τους μπορεί στο μέλλον να απαιτεί μεγαλύτερη μετρητική ακρίβεια από αυτή που επιτεύχθηκε και επειδή το τελικό προϊόν των ορθοφωτογραφιών δεν ανταποκρίνεται εξολοκλήρου στις απαιτήσεις της κλίμακάς του, επιβάλλεται η συνοδεία του με τους αντίστοιχους πίνακες σφαλμάτων που εξηγούν σε σημαντικό βαθμό την κατανομή του σφάλματος.

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκεκριμένη Εργασία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προτάσεις για συναφείς εργασίες.

Εργασίες πεδίου

- Θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά το σχεδιασμό των εργασιών, ώστε να συλλέγονται τα απαιτούμενα δεδομένα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα έπρεπε να παρθούν περισσότερες φωτογραφίες, ώστε να καλύπτουν ολόκληρο το αντικείμενο, λαμβάνοντας υπόψιν όχι μόνο το επιθυμητό απεικονιζόμενο τμήμα επί του επιπέδου προβολής στις ορθοφωτογραφίες, αλλά και την αναγκαία πληρότητα των τρισδιάστατων μοντέλων καθώς αυτά θα χρησιμοποιηθούν για την μετέπειτα Αποκατάσταση. Για παράδειγμα το εσωτερικό του παραθύρου (νότιος τοίχος) θα έπρεπε να αποδίδεται στο μοντέλο, καθώς δίνει πληροφορία για το πάχος του παραθύρου το οποίο απαιτείται για την Αποκατάσταση.
- Όσον αφορά στο τμήμα του βορείου τοίχου, που τελικά η αποτύπωσή του κρίθηκε κακή, προκύπτει ύστερα από δοκιμές και επεξεργασία (διερεύνηση του προβλήματος) ότι το κύριο πρόβλημα δεν είναι η έλλειψη φωτοσταθερών, αλλά η επιφάνεια και υφή του τοίχου στο σημείο αυτό. Ως λύση παρόμοιων προβλημάτων προτείνεται η μέτρηση φωτοσταθερών χωρίς επισήμανση (αφού αυτή κρίνεται αδύνατη) με τη χρήση ενός γεωδαιτικού σταθμού με ενσωματωμένη κάμερα, ο οποίος μπορεί να παράγει αυτοσχέδια μέσω των εικόνων που παίρνει, τα οποία είναι καλύτερα για τέτοιου είδους αντικείμενα με τέτοια επιφάνεια. Επιπλέον, προτείνεται η λήψη επιπλέον φωτογραφιών για αυτό το τμήμα του τοίχου από διαφορετικές οπτικές γωνίες και ύψη. Για το λόγω αυτό απαιτείται ειδικός ανυψωτικός μηχανισμός ή άλλου είδους εξοπλισμός που να μπορεί να ανυψώσει την κάμερα στο επιθυμητό ύψος.
- Σε περίπτωση που χρειάζεται η αποτύπωση των εσωχών – τρυπών του ανατολικού τοίχου (για τη μέτρηση του βάθους τους ή παρατήρηση των υλικών επί του τοίχου στα σημεία αυτά) προτείνεται η χρήση ειδικών συνθηκών φωτισμού.

- Τα φυτά στο κάτω μέρος των τοίχων θα έπρεπε να είχαν απομακρυνθεί πριν τη συλλογή των δεδομένων, καθώς οδηγούν σε έλλειψη πληροφορίας στα τελικά προϊόντα.
- Κρίνεται απαραίτητη η μέτρηση περισσότερων σημείων ελέγχου, ώστε να ελεγχθούν καλύτερα τα τελικά προϊόντα.

Εργασίες γραφείου

- Απαιτείται πολύ καλή αρχειοθέτηση των δεδομένων, αλλά και των παραγόμενων αποτελεσμάτων, μέσω της οποίας να είναι εύκολη η προσπέλασή τους με βάση την ημερομηνία και το περιεχόμενο. Δεδομένης μάλιστα της συνεργασίας πολλών μελών στο εργαστήριο και συνεχούς ανταλλαγής δεδομένων και πληροφορίας κρίνεται αναγκαία και η κοινή από όλα τα μέλη του Εργαστηρίου κωδικοποίηση των αρχείων.
- Τμήμα της συγκεκριμένης Εργασίας ήταν μια μικρή διερεύνηση των δυνατοτήτων δυο λογισμικών προγραμμάτων (*Image Master* και *Photomodeler Scanner 6*) και η σύγκριση τους. Συνεπώς, ήταν απαραίτητη η εξοικίωση με αυτά, γεγονός που οδήγησε σε μεγάλη κατανάλωση χρόνου για την επίτευξη σχεδόν του ίδιου αποτελέσματος από δυο διαφορετικές πηγές. Για συναφείς εργασίες, ιδιαίτερα σε επαγγελματικό επίπεδο, δεν προτείνεται η διαχείριση των ίδιων δεδομένων από δύο προγράμματα. Θα πρέπει να διεξαχθεί μια μικρή έρευνα σχετικά με τις δυνατότητες των διαθέσιμων λογισμικών πριν το σχεδιασμό των εργασιών και με βάση αυτή να επιλεγεί το κατάλληλο πρόγραμμα ή συνδυασμός τους για ολοκλήρωση του αποτελέσματος και όχι επικάλυψη. Αυτό θα οδηγήσει επίσης σε καλύτερη συλλογή δεδομένων στο πεδίο.
- Εκτιμάται ότι για αντικείμενα τα οποία είτε δεν έχουν μικρές λεπτομέρειες, (όπως στην προκειμένη περίπτωση) είτε αυτές δεν απαιτείται να αποδοθούν, πρέπει να επιλέγεται για την παραγωγή του Ψηφιακού Μοντέλου Επιφάνειας πυκνότητα σημείων όχι ιδιαίτερα μικρή. Στη συγκεκριμένη Εργασία επιλέχθηκε πυκνότητα 2cm για το *Image Master* και 1cm για το *Photomodeler Scanner 6*, γεγονός που οδήγησε σε χρονοβόρες διαδικασίες παραγωγής μοντέλων. Προτείνεται, πριν την τελική επιλογή της πυκνότητας, η δοκιμή παραγωγής μοντέλων για μικρό τμήμα του αντικειμένου με διαφορετικές πυκνότητες και αξιολόγηση του αποτελέσματος με βάση και το κριτήριο του χρόνου, ώστε, εν τέλει, να επιλεγεί η βέλτιστη.
- Όσον αφορά στη συνένωση των μοντέλων, πρέπει να τονιστεί ότι όσο περισσότερα και μεγαλύτερα τα μοντέλα, τόσο πιο αργή ήταν η διαχείρισή τους (*Rapidform*). Συνεπώς προτείνεται για περιπτώσεις όπως η συγκεκριμένη, που πρέπει να συνενωθούν πολλά μοντέλα, να γίνεται η καλύτερη δυνατή επεξεργασία τους πριν το στάδιο της συνένωσης (απαλοιφή θορύβου και. μείωση τριγώνων σε σχετικά επίπεδες περιοχές).

Κεφάλαιο_4: Τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση

Αφού ολοκληρώθηκε η αποτύπωση του εσωτερικού της εκκλησίας, επόμενο στάδιο ήταν η παραγωγή ενός ανακατασκευαστικού μοντέλου της εκκλησίας του Μοναστηριού κατά το 14^ο -15^ο αιώνα. Η ακρίβεια του μοντέλου αυτού περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό και αφορά κυρίως στα υπάρχοντα δομικά στοιχεία, ενώ κύριο ρόλο παίζει η αισθητική και η γενικότερη αντίληψη του αποτελέσματος. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα δεδομένα μέσω των οποίων ερευνήθηκε η δομή που είχε η εκκλησία κατά το 14^ο -15^ο αιώνα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απόδοσης της δομής αυτής όπως σχεδιάστηκαν στο *AutoCAD*.

Κύριο πρόβλημα και αρχικό στάδιο πριν τη Σχεδιαστική Αποκατάσταση ήταν η κατανόηση αυτής της δομής. Δεδομένης της ύπαρξης λίγων μόνο μαρτυριών και εικονικών δεδομένων για την περίοδο αυτή ήταν ιδιαίτερα δύσκολη η απόφαση για το πώς ήταν η εκκλησία πριν αρχίσουν οι μετατροπές της από τους ίδιους τους μοναχούς, αλλά και η κατάρρευσή της με το πέρασμα του χρόνου. Χρειάστηκε, λοιπόν, η καθοριστικής σημασίας βοήθεια του Καθηγητή Roberto Parenti από το Τμήμα κτηριακής Αρχαιολογίας του Πανεπιστημίου της Σιένα, ο οποίος με τη βοήθεια τεχνικών της Αρχιτεκτονικής και Αρχαιολογίας, που σε ορισμένο βαθμό βασίζονταν σε τοπογραφικά δεδομένα αποφάνθηκε σχετικά με τις διάφορες φάσεις από τις οποίες πέρασε η εκκλησία. Κατά το επόμενο στάδιο, της σχεδίασης, οι διάφορες πιο συγκεκριμένες πληροφορίες προήλθαν από προσεκτική παρατήρηση και ουσιαστική μελέτη του μνημείου, καθώς και σύγκριση δεδομένων, διαδικασίες που αποτέλεσαν σημαντικό τμήμα της Διπλωματικής αυτής Εργασίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που η Σχεδιαστική Αποκατάσταση αφορά μόνο στην εκκλησία η οποία κατασκευάστηκε τον 14^ο αι., γίνεται μικρή αναφορά σε όλες τις φάσεις της εκκλησίας που μέχρι στιγμής έχουν καταγραφεί. Η αναφορά αυτή είναι απαραίτητη αφενός διότι οι διάφορες φάσεις είναι άμεσα συνδεδεμένες και στοιχεία της μίας φάσης αποτελούν τη βάση της άλλης και αφετέρου για να υπάρχει καλύτερη εικόνα για το αντικείμενο και τη διαχρονική εξέλιξή του.

4.1. Δεδομένα

Τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν και αναλύονται παρακάτω καταχωρήθηκαν και εξετάστηκαν ως προς το περιεχόμενό τους ως εξής:

- Τμήματα του Μνημείου που παραμένουν στη θέση τους μέχρι σήμερα
- Μετρήσεις και παράγωγα αυτών (σημεία, τοπογραφικά σχέδια, ορθοφωτογραφίες, μοντέλα)
- Εικονικά δεδομένα (φωτογραφίες, χαρακτηριστικά, πίνακες ζωγραφικής)
- Περιγραφές (προφορικές ή γραπτές)
- Χαρακτηριστικά Αρχιτεκτονικής δομής: Δυνατότητα αντιστοιχίας αρχιτεκτονικών δομών του Μοναστηριού με παρόμοια δόμηση σε Μοναστήρια ίδιας περιόδου και περιοχής.

4.1.1. Ιστορικά Δεδομένα

Συλλέχθηκαν ιστορικά στοιχεία από διάφορες πηγές με έρευνα τόσο σε βιβλιοθήκες, όσο και μουσεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι κύρια υπεύθυνη της συλλογής αυτής ήταν η συνεργάτιδα αρχαιολόγος Chiara Maria D'Anna, αλλά και ο επιβλέπων καθηγητής José Manuel Valle Melón.

Κείμενα

Με βάση τις βιβλιοθήκες της κοινότητας της Ριόχα (Rioja), της Λεόν (León) και της Χώρας των Βάσκων (Pais Vasco) ερευνήθηκαν συστηματικά όλα τα σχετικά βιβλία, εγκυκλοπαίδειες και άρθρα που αναφέρονται στο Μοναστήρι, αλλά και άλλα βιβλία αρχιτεκτονικής και ιστορίας ώστε να καταγραφεί η τεχνοτροπία των μοναστηριών εκείνης της εποχής στην ευρύτερη περιοχή. Χρονολογικά τα κείμενα αυτά τοποθετούνται από το 1753 περίπου ως και το 2011 και είναι στη μεγάλη τους πλειονότητα σε έντυπη μορφή και λίγα σε ψηφιακή.

Φωτογραφίες-Πίνακες-Σχέδια

Από τα παραπάνω κείμενα έγινε συλλογή για περαιτέρω επεξεργασία όλων των φωτογραφιών (εικόνα_58) που αφορούν στο Μοναστήρι. Επιπλέον, εντοπίστηκε ένα χαρακτηριστικό (εικόνα_59) αγνώστου δημιουργού το οποίο χρονολογείται γύρω στο 1845 μ.Χ και αποδίδει το Μοναστήρι του Σαν Προυντένθιο.



Εικόνα_58: Εικόνα από βιβλίο, Σαν Προυντένθιο, 1975



Εικόνα_59: Χαρακτικό του Μοναστηριού, έτος 1845

Χαρακτηριστικά Αρχιτεκτονικής δομής

Συλλέχθηκαν πληροφορίες για ορισμένα γεωμετρικά – αρχιτεκτονικά μοντέλα που εκτιμήθηκε ότι εμφανίζονταν στην κατασκευή του Μοναστηριού κατά το 14^ο – 15^ο αι. Η συλλογή αυτή αφορά στην παρατήρηση παρόμοιων μοντέλων σε άλλες εκκλησίες.





Εικόνες_60, 61 & 62: Διάφορα σταυροθόλια εκκλησιών

4.1.2. Σύγχρονες Φωτογραφίες, Μετρήσεις και Προϊόντα Μετρήσεων

Φωτογραφικό υλικό

Λήφθηκαν πολλές φωτογραφίες στο πεδίο, ώστε να εξεταστεί η δομή του Μοναστηριού. Συλλέχθηκαν φωτογραφίες (εικόνα_63) της ευρύτερης περιοχής που συμβάλλουν καθοριστικά στην κατανόηση της γενικότερης διάταξης του Μοναστηριού μέσω στοιχείων όπως ο δρόμος που οδηγούσε προς αυτό και η θέση της κεντρικής του εισόδου. Παράλληλα, λήφθηκαν φωτογραφίες (εικόνα_64 & 65) που απεικονίζουν πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Επιπλέον ήταν απαραίτητη η λήψη φωτογραφιών που εστιάζουν στα υλικά των τοίχων, ώστε να διαπιστωθεί η χρονική προέλευση των διαφόρων δομικών στοιχείων.



Εικόνα_63: Το Μοναστήρι όπως φαίνεται από μακριά



Εικόνα_64: Λεπτομέρεια από το κάτω μέρος του τόξου του δυτικού τοίχου

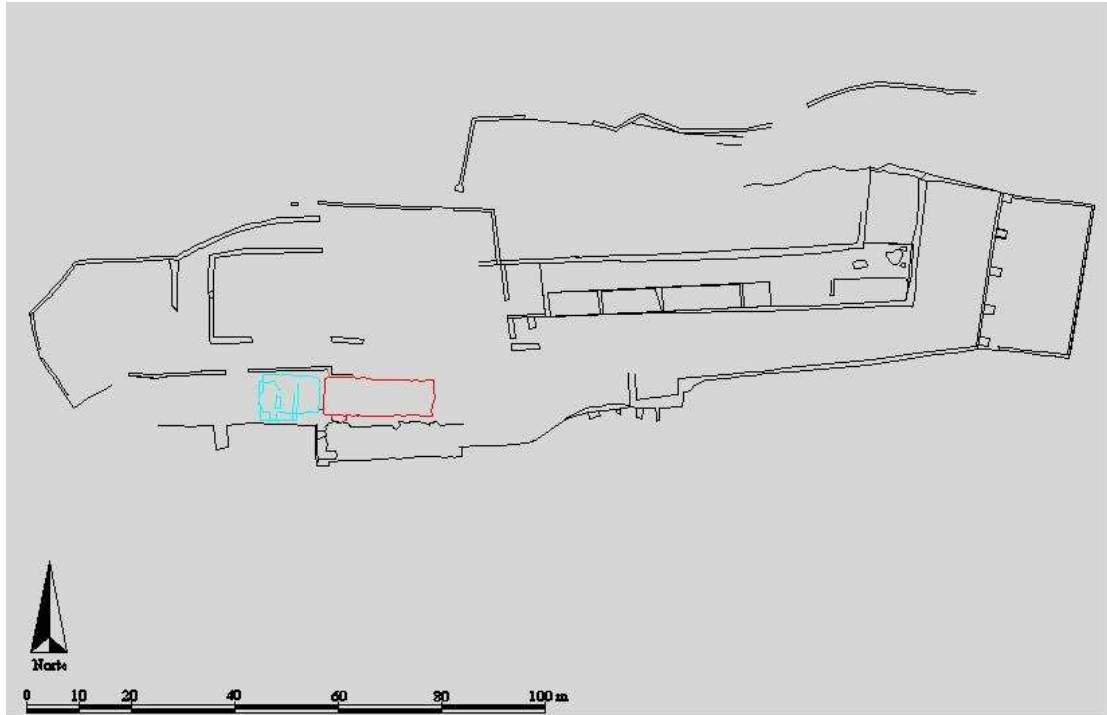
Εικόνα_65: Λεπτομέρεια από την είσοδο του νοτίου τοίχου



Εικόνα_66: Διαφορετικών φάσεων υλικά επί των τοίχων

Τοπογραφικές μετρήσεις

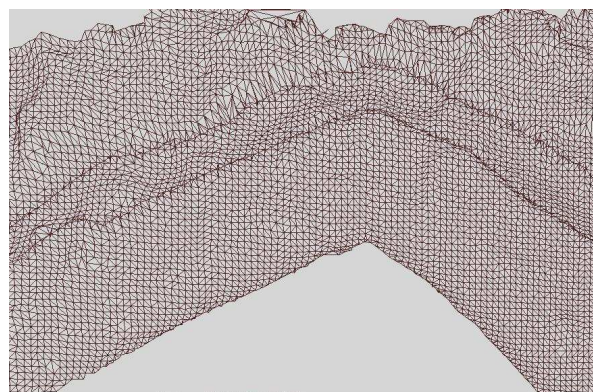
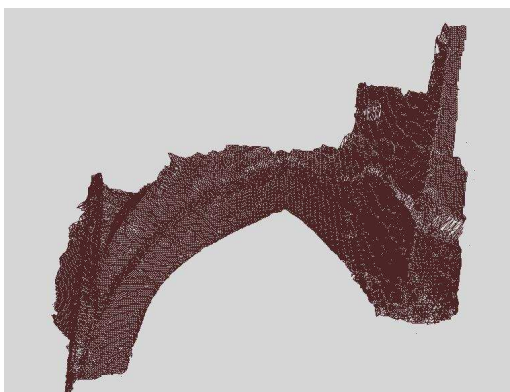
Οι τοπογραφικές μετρήσεις πέραν τις χρησιμότητάς τους κατά την επεξεργασία των φωτογραμμετρικών δεδομένων και των σαρώσεων, έπαιξαν και αυτόνομο σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των αρχαιολογικών υποθέσεων. Για τον έλεγχο αυτό έγιναν ορισμένες μετρήσεις με GPS. Η ακρίβεια των μετρήσεων δεν ενδιέφερε ιδιαίτερα στο βαθμό που αυτή κινούνταν σε πλαίσιο εκτός χονδροειδούς λάθους, καθώς αυτές χρησιμοποιήθηκαν για να επιβεβαιώσουν υποθέσεις οι οποίες αφορούσαν σε μήκη και ύψη με απόκλιση 1-2 μέτρα. Πέρα των μετρήσεων αυτών, χρησιμοποιήθηκαν και μετρήσεις για την ευρύτερη τοπογραφία του Μοναστηριού.



Εικόνα_67: Τοπογραφικό σχέδιο του Μοναστηριού (Argiñe Varela Aguado, Nebai Callejo.2012) με κόκκινο και γαλάζιο η εκκλησία του 14-15^{ου} αι.

Φωτογραμμετρικά δεδομένα

Ως δεδομένα για την Αποκατάσταση χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του πρώτου σταδίου της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας. Χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή, οι ορθοφωτογραφίες του Εσωτερικού της εκκλησίας και τα Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας. Η ακρίβεια των δεδομένων αυτών έχει ήδη αναλυθεί στο στάδιο της αποτύπωσης (κεφάλαιο_3.6) Να σημειωθεί ότι τα μοντέλα αυτά ενώ στο πρόγραμμα παραγωγής τους (*Image Master*) και στο πρόγραμμα συνένωσής τους (*Rapidform*) απεικονίζονταν με χρώμα και υφή, στο πρόγραμμα διαχείρισής τους (*AutoCAD*) απεικονίζονταν χωρίς χρωματική πληροφορία και υφή δυσχεραίνοντας τη λήψη αποφάσεων.

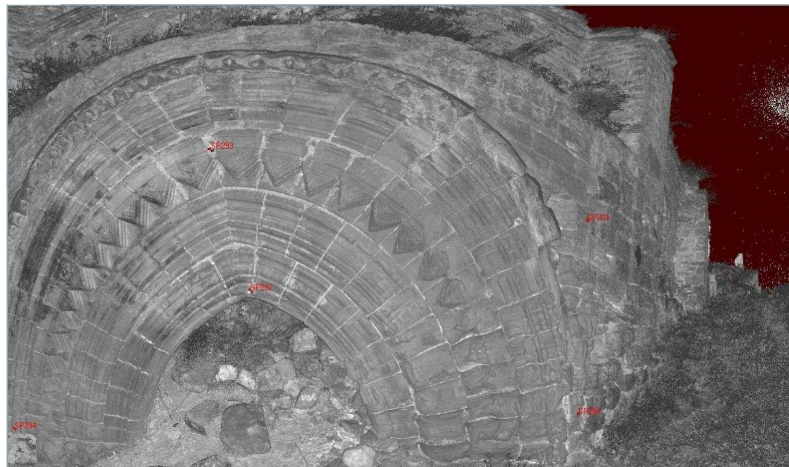


Εικόνες_68 & 69: Δίκτυο Ακανόνιστων Τριγώνων χωρίς υφή και χρώμα, δυτικός τοίχος

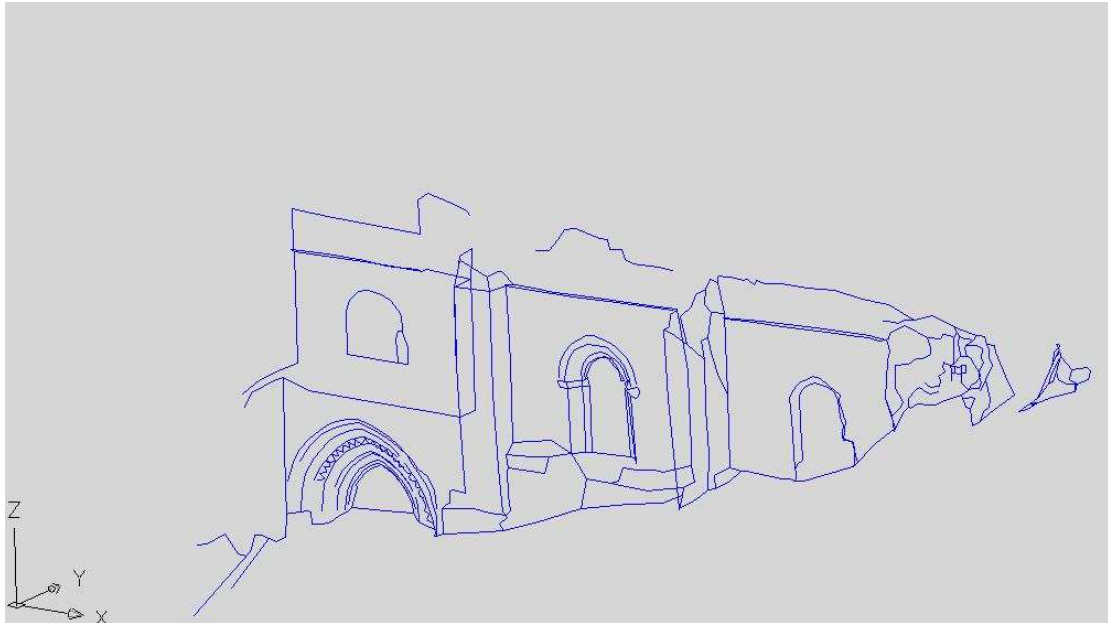
Τρισδιάστατα Γραμμικά Σχέδια από Σαρώσεις Laser

Το 2010 πραγματοποιήθηκαν σαρώσεις της εκκλησίας με το σαρωτή Z+F Scanner από τους συμμετέχοντες του πρώτου ERASMUS IP. Οι σαρώσεις αυτές είχαν ως αποτέλεσμα νέφη σημείων η ακρίβεια των οποίων εκτιμάται ότι είναι χειρότερη του 1cm.

Επειδή αρχικό στάδιο για την τρισδιάστατη Αποκατάσταση είναι η γραμμική ανακατασκευή του αντικειμένου, επιχειρήθηκε από τα νέφη σημείων να παραχθούν τρισδιάστατα Γραμμικά Σχέδια. Τα σχέδια αυτά δημιουργήθηκαν στο *AutoCAD*. Στην ουσία πρόκειται για μια μέθοδο που βασίζεται στην παραγωγή 2 Διαστάσεων εικόνων από ένα νέφος σημείων και σχεδιασμό 2 Διαστάσεων γραμμών επί αυτών. Η ιδιαιτερότητα που επιτρέπει την μετατροπή των γραμμών αυτών σε τρισδιάστατες γραμμές (εικόνα_71) είναι ότι τα φατνία της εικόνας επί των οποίων γίνεται η σχεδίαση έχουν χωρική πληροφορία, δηλαδή X,Y,Z συντεταγμένες (Á. Rodríguez Miranda, J. M. Valle Melón, J. M. Martínez Montiel, 2008). Η ακρίβεια των σχεδίων αυτών επηρεάζεται προφανώς από την ακρίβεια των Νεφών Σημείων και είναι ακόμα μικρότερη δεδομένου ότι η σχεδίαση γίνεται σε εικόνα με αποχρώσεις του γκρι (εικόνα_70) και όχι φυσικών χρωμάτων, καθώς επίσης επηρεάζει αρνητικά και η ύπαρξη ‘κρυφών’ περιοχών επί των εικόνων. Να σημειωθεί ότι μέρος της συγκεκριμένης Εργασίας ήταν ο έλεγχος και η διαχείριση (κεφάλαιο_4.2.2) και όχι η παραγωγή αυτών των γραμμικών σχεδίων.



Εικόνα_70: Φωτογραφία επί της οποίας γίνεται γραμμική σχεδίαση



Εικόνα_71: Τρισδιάστατα Γραμμικά Σχέδια του νοτίου τοίχου – εξωτερική όψη, όπως παρήχθησαν από Νέφος Σημείων του Z+F Laser Scanner

4.2. Διαχείριση - Επεξεργασία Δεδομένων

Η διαχείριση των δεδομένων έγινε σε δύο άξονες. Ο πρώτος αφορά στη διαχείριση, ώστε να οριοθετηθεί και να προσδιοριστεί σε γενικά πλαίσια η δομή της εκκλησία του 14^{ου}-15^{ου} αι., δηλαδή της φάσης Αποκατάστασης με κύρια ευθύνη της ομάδας Κτηριακής Αρχαιολογίας (Building Archaeology). Ο δεύτερος άξονας αφορά στη διαχείριση των δεδομένων, ώστε αυτά να αποδώσουν το τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο με πιο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και αποτελεί τμήμα της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

4.2.1. Κτηριακή Αρχαιολογία (Building Archaeology)

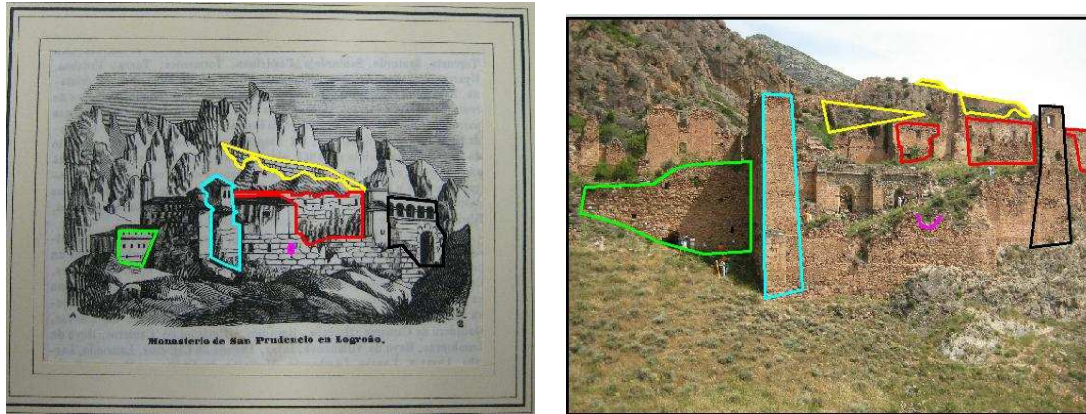
Παρακάτω αναλύονται με ορισμένα παραδείγματα τα δεδομένα και η αντίστοιχη διαχείρισή τους που οδήγησαν στον καθορισμό της εκκλησίας κατά την εξεταζόμενη φάση.

Κείμενα

Αφού έγινε μελέτη των δεδομένων αυτών, συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία που αφορούν στην εκκλησία, όπως αρχιτεκτονικές πληροφορίες, δομικά χαρακτηριστικά, αλλά και, πιο συγκεκριμένα, χωρικές διαστάσεις. Οι πληροφορίες αυτές καταγράφηκαν σε μια μικρή βάση δεδομένων.

Φωτογραφίες-Πίνακες-Σχέδια

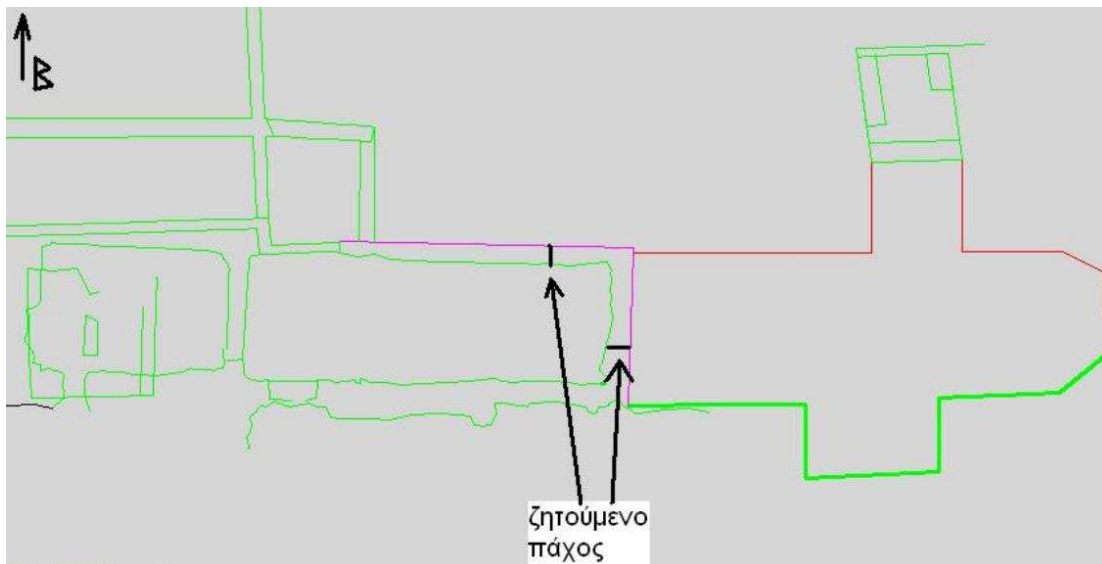
Με προσεκτική παρατήρηση επιχειρήθηκε η ταυτοποίηση των απεικονιζόμενων τμημάτων στα δεδομένα με την πραγματικότητα και το αντίστροφο.



Εικόνες_72 & 73: Ταυτοποίηση ιστορικών δεδομένων και πραγματικότητας

Τοπογραφικές μετρήσεις

Οι τοπογραφικές μετρήσεις χρησίμευσαν κυρίως για τον έλεγχο διαστάσεων που αναφέρονται στα κείμενα, αλλά και αρχαιολογικών υποθέσεων. Για παράδειγμα, αναφέρεται σε βιβλίο ότι το μήκος της εκκλησίας της πέμπτης φάσης (18^{ος} αι.) είναι 27m. Μετρώντας την απόσταση ορισμένων ερειπίων η απόσταση αυτή (έντονα πράσινη γραμμή-εικόνα_74) επιβεβαιώθηκε. Στη συνέχεια, με βάση αρχιτεκτονικά πρότυπα των εκκλησιών της εποχής σχεδιάστηκαν τμήματα που δεν υπάρχουν με βάση τη συμμετρία (κόκκινες γραμμές) και τέλος προκειμένου να ενωθούν τα διάφορα τμήματα μεταξύ τους σχεδιάστηκε ένα μη μετρημένο τμήμα (μοβ) γραμμή. Όλη αυτή η διαδικασία παρόλο που δεν αφορά αποκλειστικά στη μελετώμενη φάση (14^{ος} -15^{ος} αι.) οδηγεί στην εύρεση του πάχους του ανατολικού και βορείου τοίχου της εκκλησίας του 14^{ου} -15^{ου} αι.

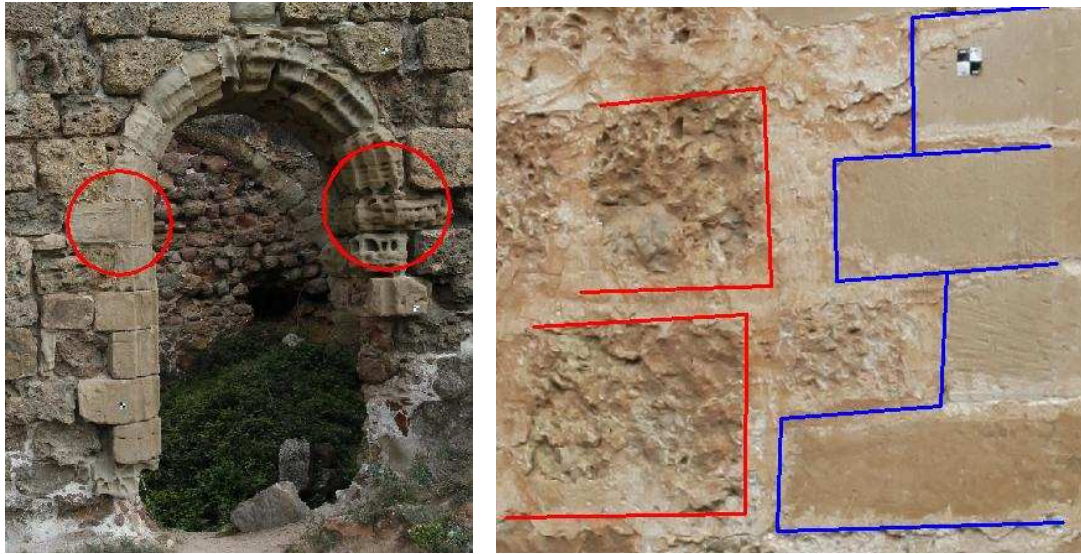


Εικόνα_74: Έλεγχος Δεδομένων και Υποθέσεων μέσω της Τοπογραφίας, πράσινο: μετρημένα στοιχεία, κόκκινο: συμμετρία, μοβ: υπόθεση

Σύγχρονο Φωτογραφικό Υλικό

Συμπληρωματικά στην επιτόπια έρευνα, έγινε προσεκτική παρατήρηση φωτογραφιών που καταδείκνυαν τεχνοτροπίες και υλικά που αφορούσαν σε

διαφορετική χρονολογική περίοδο, ώστε να εξακριβωθεί ποια τμήματα της υπάρχουσας κατάστασης αφορούν στην εξεταζόμενη φάση (14^ο -15^ο αι).

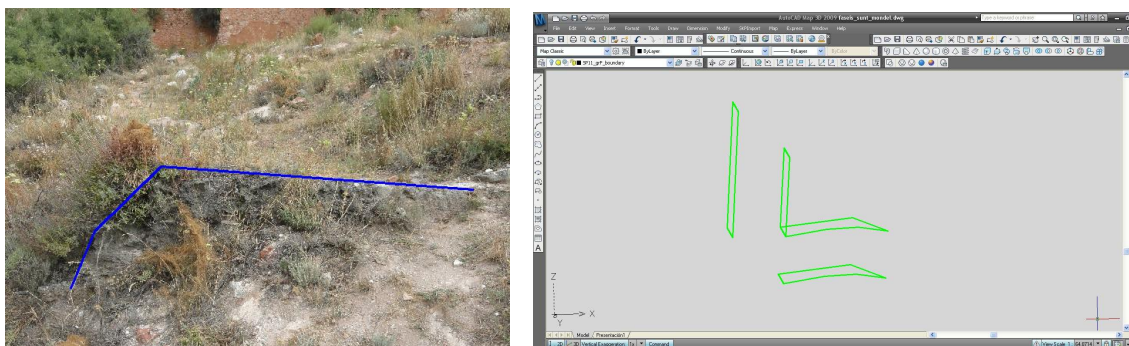


Εικόνα_75: Διαφορετικά υλικά που μαρτυρούν διαφορετική χρονική προέλευση
Εικόνα_76: Ασυνέχεια μεταξύ λίθων επί του τοίχου που μαρτυρά διαφορετική χρονική προέλευση

Μέσω περαιτέρω διαχείρισης δεδομένων αντίστοιχης με αυτή που περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτό, έγινε η τελική εκτίμηση, σύμφωνα με την οποία η εκκλησία του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο πέρασε από πέντε χρονικές φάσεις, κάθε μία από τις οποίες χαρακτηρίζονταν από κατασκευαστικές αλλαγές. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά στις πέντε αυτές φάσεις με εστίαση στην τρίτη φάση (φάση Αποκατάστασης).

- 1^η Φάση (10^{ος} -11^{ος} αι.)

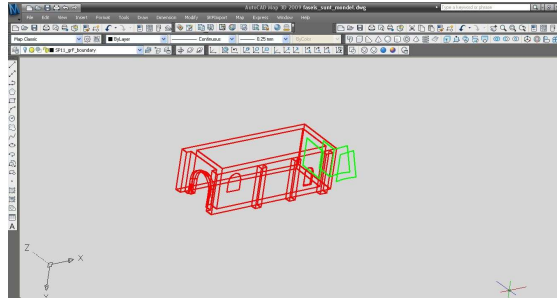
Για αυτή τη φάση υπάρχουν ελάχιστα στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν ορισμένοι λίθοι (εικόνα_77) από τις οποίες συμπεραίνεται η ύπαρξη τοίχων (εικόνα_78).



Εικόνες_77 & 78: Πραγματικότητα και σχέδιο της 1^{ης} φάσης

- 2^η Φάση (12^{ος} – 13^{ος} αι.)

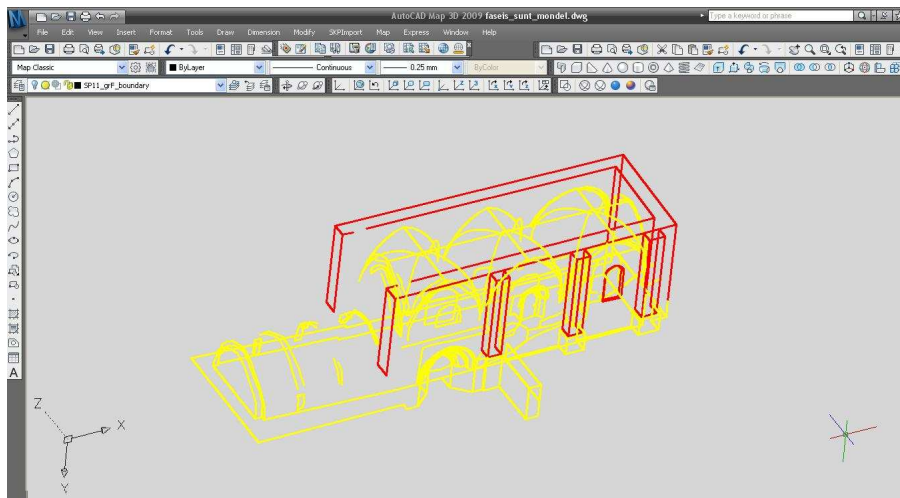
Η φάση αυτή αποτελεί τη βάση της εξεταζόμενης τρίτης φάσης.



Εικόνα_79: Εκκλησία της 2^{ης} φάσης, πράσινο: στοιχεία της 1^{ης} φάσης, κόκκινο: στοιχεία 2^{ης} φάσης

- 3^η Φάση (14^{ος} – 15^{ος} αι.)

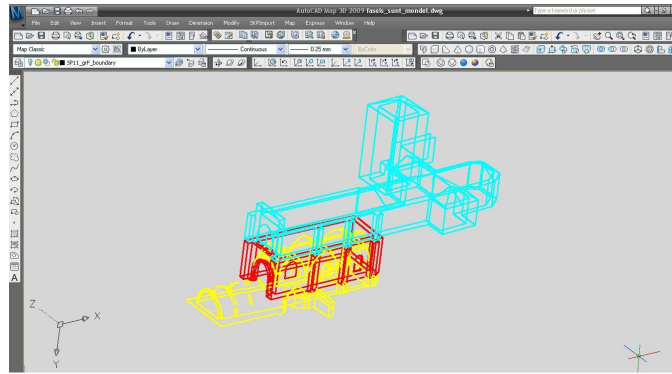
Η φάση αυτή αποτελεί το αντικείμενο της Αποκατάστασης της Διπλωματικής αυτής Εργασίας και περιέχει αρκετά στοιχεία της προηγούμενης φάσης. Στην ουσία κατά το 14^ο -15^ο αιώνα γίνεται εκσκαφή κατεβάζοντας την επιφάνεια του εδάφους κατά 3 μέτρα. Επίσης προστέθηκε ένα είδος κρύπτης. Η οροφή σχηματίζεται από σταυροθόλια και προστίθεται ένα παράθυρο και διακοσμητικές λεπτομέρειες επί των τοίχων. Τέλος η είσοδος μεταφέρεται στο νότιο τοίχο και γίνεται πιο μεγαλοπρεπής. Όλες αυτές οι αλλαγές, μαρτυρούν την αύξηση της δύναμης και της επιρροής του Μοναστηριού.



Εικόνα_80: Εκκλησία της 3^{ης} φάσης, κόκκινο: στοιχεία που προϋπάρχουν από τη 2^η φάση, κίτρινο: νέα στοιχεία

- 4^η Φάση (16^{ος} – 17^{ος} αι.)

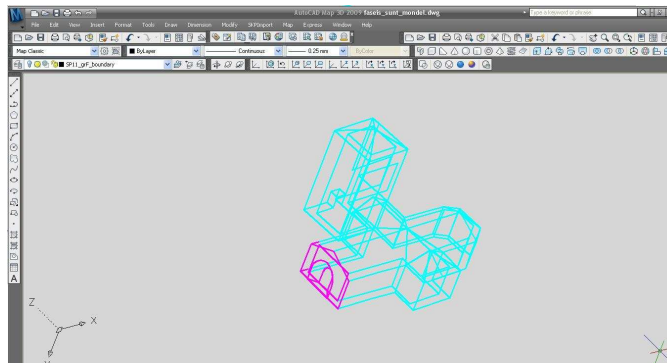
Η εκκλησία μεγαλώνει αισθητά και ανεβαίνει επίπεδο. Επίσης χτίζεται καμπαναριό.



Εικόνα_81: Εκκλησία της 4^{ης} φάσης, κόκκινο-κίτρινο: η εκκλησία της 3^{ης} φάσης, γαλάζιο: η εκκλησία της 4^{ης} φάσης

- 5^η Φάση (18^{ος} αι.)

Στη φάση αυτή μικραίνει η εκκλησία και η νέα είσοδος τοποθετείται περίπου στη μέση της εκκλησίας της 4^{ης} φάσης.



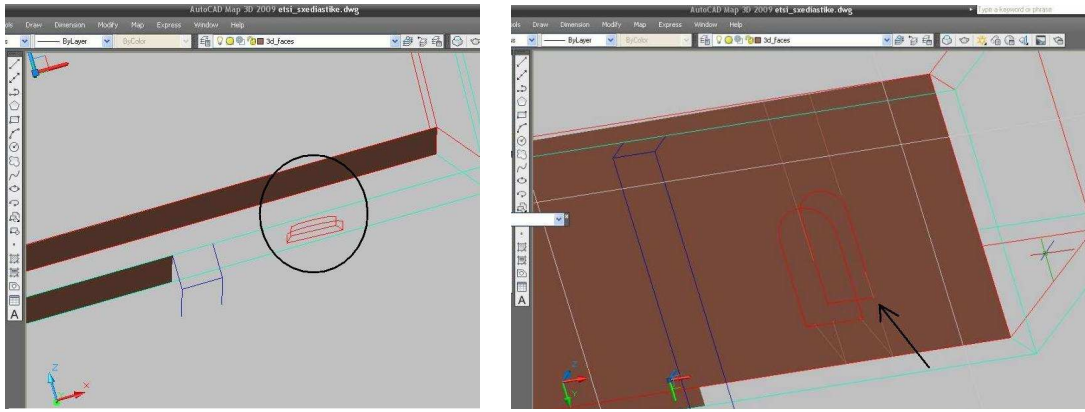
Εικόνα_82: Εκκλησία της 5^{ης} φάσης, γαλάζιο: στοιχεία που προϋπάρχουν από τη 4^η φάση, μοβ: νέα στοιχεία

4.2.2. Διαχείριση Δεδομένων κατά το Σχεδιασμό

Παρακάτω αναλύονται με ορισμένα παραδείγματα τα δεδομένα και η αντίστοιχη διαχείρισή τους κατά το σχεδιασμό της τρισδιάστατης Εικονικής Αποκατάστασης.

Αποτέλεσμα Κτηριακής Αρχαιολογίας (Building Archaeology)

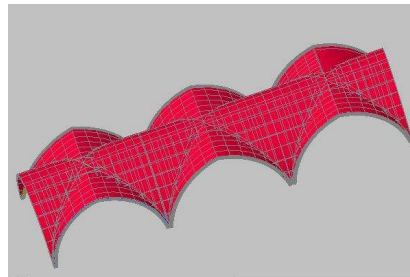
Το αποτέλεσμα (εικόνα_80) που προέκυψε μέσω της διαχείρισης δεδομένων από την ομάδα Αρχαιολογίας αποτελεί το βασικό δεδομένο κατά τη φάση της σχεδίασης. Το πρόχειρο σχέδιο, δηλαδή, που συντάχθηκε στο προηγούμενο στάδιο αποτελεί μια βάση για το σχεδιασμό. Δεδομένων, όμως, των πολλών ελλείψεων και σφαλμάτων ήταν αναγκαία η περαιτέρω επεξεργασία του.



Εικόνες_83 & 84: Κακή σχεδίαση παραθύρου (έλλειψη του βάθους) και διόρθωση αυτού του λάθους

Χαρακτηριστικά Αρχιτεκτονικής δομής

Έγινε προσαρμογή γνωστών γεωμετρικών σχημάτων με βάση τις διαστάσεις της εκκλησίας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η περίπτωση της οροφής. Αφού αποφασίστηκε ότι αυτή σχηματίζεται από σταυροθόλια, έγινε μικρή έρευνα για εντοπισμό ίδιου τύπου σταυροθολίων σε άλλη εκκλησία, μελετήθηκε η γεωμετρία του μοντέλου και τέλος σχεδιάστηκε όσο πιο πιστά είναι δυνατόν.



Εικόνες_85: Μοντέλο σταυροθολίου από άλλη εκκλησία

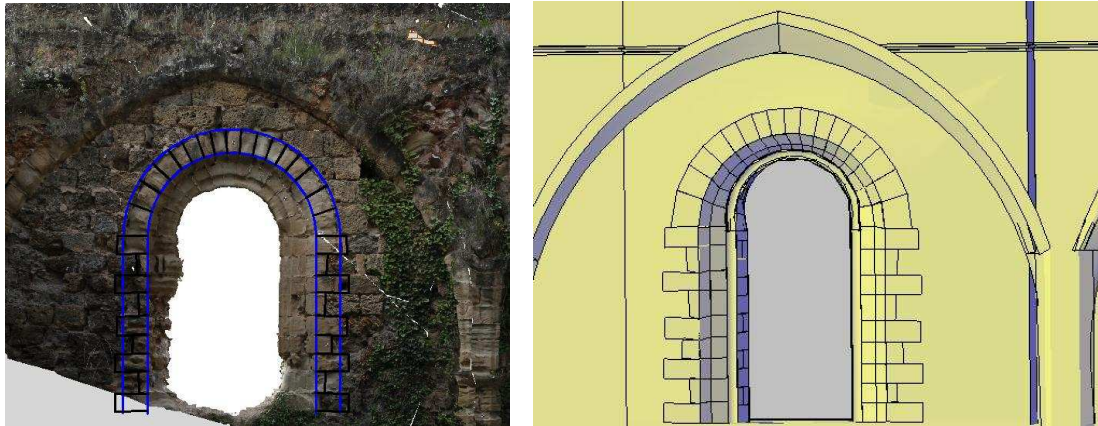
Εικόνα_86: Γεωμετρικό Μοντέλο Σταυροθολίου

Εικόνα_87: Σταυροθόλιο στο τελικό Μοντέλο Αποκατάστασης

Ορθοφωτογραφίες

Για τμήματα του μοντέλου τα οποία αποδίδονται στις ορθοφωτογραφίες και πιο συγκεκριμένα ανήκουν σε επίπεδο παράλληλο στο επίπεδο προβολής τους, χρησιμοποιήθηκαν και οι ορθοφωτογραφίες με σχεδιασμό επί αυτών. Πρέπει να τονιστεί ότι η χρήση των ορθοφωτογραφιών, καθώς επίσης και των Ψηφιακών Μοντέλων Επιφάνειας και των τρισδιάστατων Γραμμικών Σχεδίων που προέκυψαν

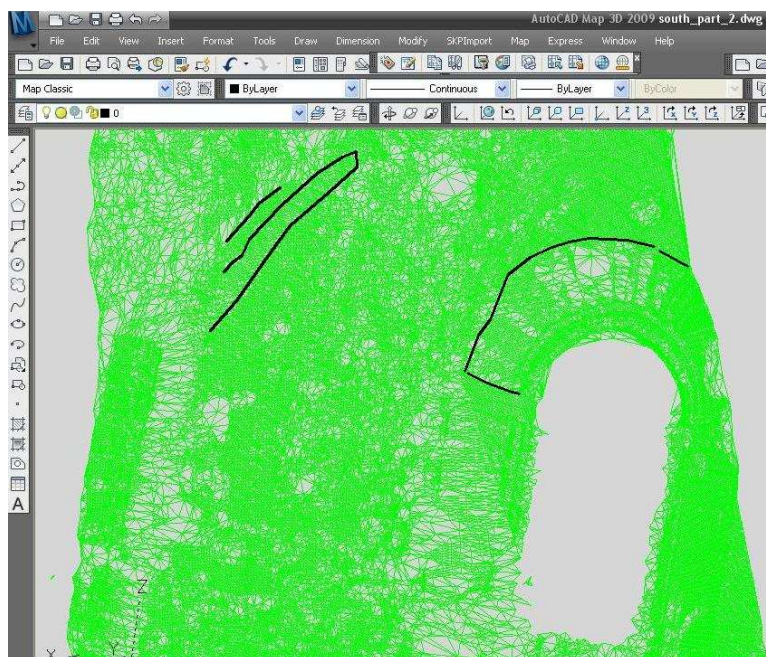
από τα Νέφη Σημείων έγινε λαμβάνοντας πάντα υπόψιν το επιθυμητό τελικό προϊόν, που είναι η απόδοση όχι της σημερινής κατάστασης, αλλά της 3^{ης} φάσης της εκκλησίας.



Εικόνες_88 & 89: Σχεδιασμός επί των ορθοφωτογραφιών και αντίστοιχη απόδοση στο τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο

Ψηφιακά Μοντέλα Επιφάνειας

Τα μοντέλα αυτά έπαιξαν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό στοιχείων, καθώς απεικονίζουν το αντικείμενο στις τρεις διαστάσεις του. Έγινε σχεδίαση χαρακτηριστικών τμημάτων επί των μοντέλων όπως φαίνεται στην εικόνα_90.

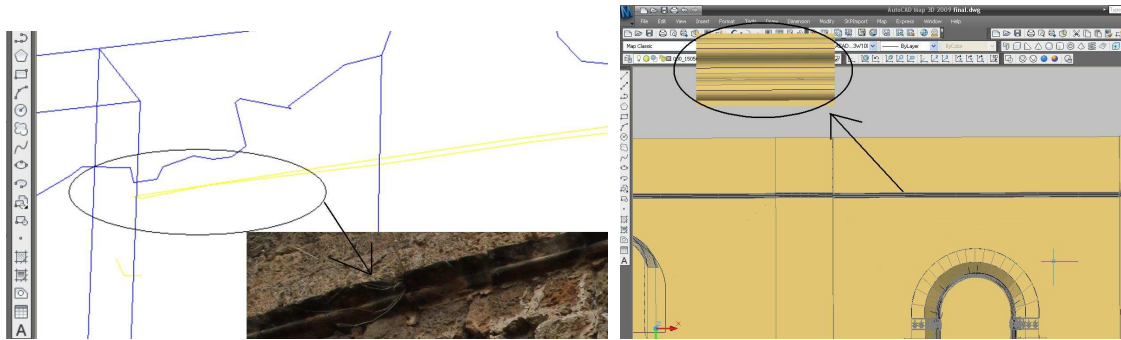


Εικόνα_90: Σχεδίαση τόξου τοίχου και τόξου παραθύρου επί του ΨΜΕ, νότιος τοίχος

Τρισδιάστατα Γραμμικά Σχέδια από Σαρώσεις Laser

Τα Σχέδια αυτά συνεισέφεραν αρκετά στη διαστασιολόγηση του προς απόδοση αντικείμενου. Η χρησιμοποίησή τους, βέβαια, έγινε με έλεγχο και κατάλληλη αξιολόγηση καθώς αναπαριστούν την υπάρχουσα κατάσταση με τις όποιες φθορές

της. Γενικότερα, δεν πρόκειται για απόλυτα πιστές αναπαραστάσεις, δεδομένου του σφάλματος που εμπεριέχουν.



Εικόνες_91 & 92: Κακή αναπαράσταση διακοσμητικού στοιχείου επί της νότιας όψης και διορθωση του προβλήματος κατά το σχεδιασμό

4.3. Λήψη Αποφάσεων

Κατά το στάδιο της παραγωγής του τρισδιάστατου Εικονικού Μοντέλου, χρειάστηκε να ληφθούν ορισμένες αποφάσεις που αφορούν στο συνδυασμό των δεδομένων διαφορετικών πηγών, στη συμπλήρωση δεδομένων, στη λεπτομέρεια της απόδοσης και σε λοιπές σχεδιαστικές δυσκολίες.

4.3.1. Συνδυασμός Δεδομένων από Διαφορετικές Πηγές

Σε περιπτώσεις όπως αυτή που οι πηγές δεδομένων είναι διαφορετικού τύπου, επιβάλλεται η διαφοροποίησή τους μέσω πιο συγκεκριμένης αξιολόγησης υπό το πρίσμα κάποιων κριτηρίων, τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Χρόνος: Συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούν στη δομή του Μοναστηριού από τη στιγμή της κατασκευής του ως και σήμερα. Μεγαλύτερη αξία έχουν τα δεδομένα τα οποία αφορούν στην περίοδο της Αποκατάστασης (14-15αι.), ενώ και τα υπόλοιπα είναι αρκετά χρήσιμα, καθώς οδηγούν στην καλύτερη κατανόηση της περιόδου εκείνης.
- Τόπος: Έγινε συλλογή στοιχείων τόσο για την εκκλησία του Μοναστηριού συγκεκριμένα, όσο και για το Μοναστήρι γενικότερα, καθώς μέσω της κατανόησης ολόκληρου του Μοναστηριού ήταν δυνατή και η κατανόηση της εκκλησίας. Επιπλέον συλλέχθηκαν στοιχεία και για την ευρύτερη περιοχή του Μοναστηριού, δηλαδή για το όρος πάνω στο οποίο αυτό κείται. Να σημειωθεί ότι με βάση αυτό το κριτήριο αξιολογούνται ως πιο χρήσιμα στοιχεία που αφορούν αυτή καθε αυτή την εκκλησία.
- Γεωμετρική Ακρίβεια: Η ακρίβεια που αφορά στη σωστή απόδοση της θέσης, του μεγέθους και του σχήματος των στοιχείων της απόδοσης.
- Αξιοπιστία: Αφορά στο κατά πόσο κάθε πηγή είναι πιθανό να αποδίδει σωστά την πραγματικότητα κατά τη φάση μελέτης. Η εμπειρία-γώση του Αρχαιολόγου εκτιμάται ως η πιο αξιόπιστη πηγή.

Είναι συνεπώς αναμενόμενο ότι όλα τα δεδομένα δεν μπορούν να συνεισφέρουν στη διερεύνηση με το ίδιο βάρος. Να σημειωθεί ότι για την καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης έγινε απόπειρα απόδοσης με όσο δυνατόν μεγαλύτερη γεωμετρική ακρίβεια, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία εκτιμήθηκαν με βάση τη συνολική αξιολόγηση της κάθε πηγής.

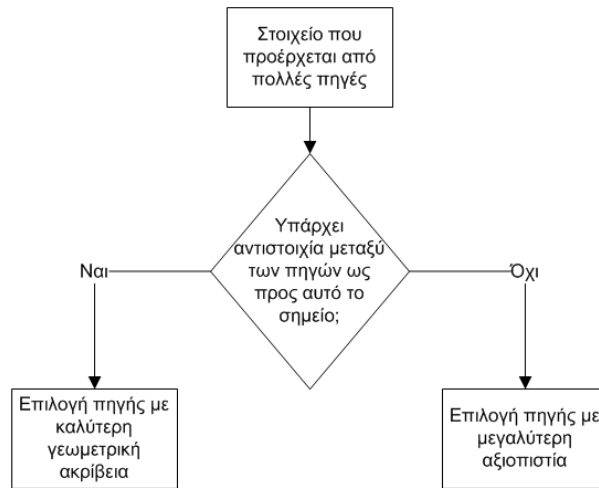
Προκειμένου να συγκεκριμενοποιηθεί σε κάποιο βαθμό το βάρος με το οποίο κάθε δεδομένο υπεισέρχεται στη διαδικασία της έρευνας, αφού διαχωρίστηκαν οι γενικότερες πληροφορίες που αφορούν στο Μοναστήρι από τα δεδομένα που αφορούν συγκεκριμένα στην εκκλησία του 14^{ου} -15^{ου} αι. (φάση Αποκατάστασης), δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας για τα δεδομένα της φάσης αυτής. Στον πίνακα αυτό επιχειρείται να δοθεί μια προτεραιότητα ως προς την επιλογή της κάθε πηγής ανάλογα με το κάθε κριτήριο. Η προτεραιότητα αυτή εκφράζεται μέσω ενός αριθμού.

Πηγή	Αναφορά σε χρόνο	Γεωμετρική Ακρίβεια	Αξιοπιστία
Κείμενα-Μαρτυρίες	Ποικίλλει	6	2
Φωτογραφίες	1975,2010, 2011	7	7
Σχέδιο-Πίνακας	1845	8	6
Τοπογραφικές Μετρήσεις	2010-2011	1	3
Ορθοφωτογραφίες	2011	2	5
3Δ Μοντέλα	2011	3	4
3Δ Γραμμικά Σχέδια	2010	4	4
Αρχαιολογικές Υποθέσεις	-	5	1

Πίνακας_6: Αξιολόγηση πηγών βάση κριτηρίων, 1: πιο κατάλληλη επιλογή , 2:δεύτερη κατάλληλη επιλογή κ.ο.κ.

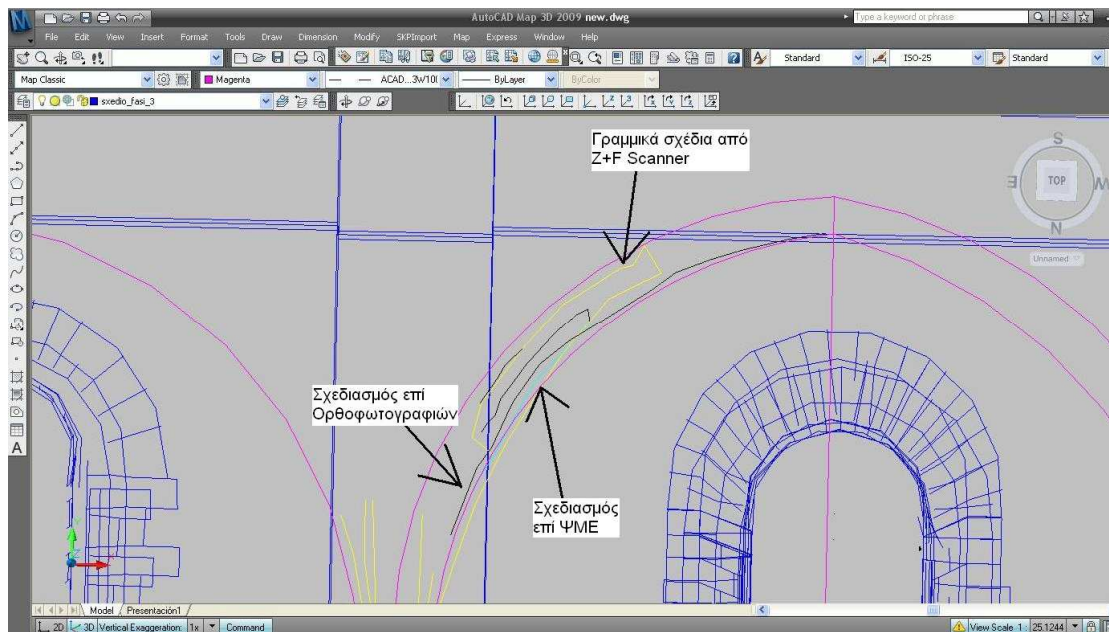
Όπου αρχαιολογικές υποθέσεις νοούνται δεδομένα που απορρέουν από την πείρα Αρχαιολόγων.

Σε περίπτωση που κάποιου είδους στοιχείο προέρχεται από περισσότερες της μιας πηγές, τότε πρέπει να διερευνηθεί αν υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ του στοιχείου αυτού όπως προκύπτει από κάθε πηγή. Αν υπάρχει αντιστοιχία, τότε πρέπει να επιλεγεί η πιο ακριβής πηγή, ενώ αν δεν υπάρχει, επιλέγεται η πηγή που με μεγαλύτερη πιθανότητα αποδίδει την πραγματικότητα (αξιοπιστία).



Διάγραμμα_5: Επιλογής της κατάλληλης πηγής με βάση τα κριτήρια της γεωμετρικής ακρίβειας και της αξιοπιστίας (A. Fernando de Fuentes, J.M. Valle Melón, Á. Rodríguez Miranda, 2010)

Η εξέταση στοιχείων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές ήταν συνήθης διαδικασία στο στάδιο αυτό της Αποκατάστασης. Στην εικόνα_93 για παράδειγμα παρουσιάζεται η περίπτωση ενός τόξου του νοτίου τοίχου, όπου με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται το τόξο όπως αυτό προκύπτει από τα γραμμικά σχέδια επί των νεφών σημείων του Σαρωτή Z+F, με μαύρο το τόξο όπως προκύπτει από σχεδίαση επί των ορθοφωτογραφιών και τέλος με γαλάζιο το τόξο όπως προκύπτει από σχεδίαση επί του Ψηφιακού Μοντέλου Επιφάνειας. Τέλος με ροζ αποδίδεται το τελικά σχεδιασμένο τόξο. Υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ των διαφόρων πηγών, συνεπώς επιλέχθηκε η σχεδίαση να ακολουθήσει την πιο σωστή γεωμετρικά πηγή που στην προκειμένη περίπτωση ήταν οι ορθοφωτογραφίες.

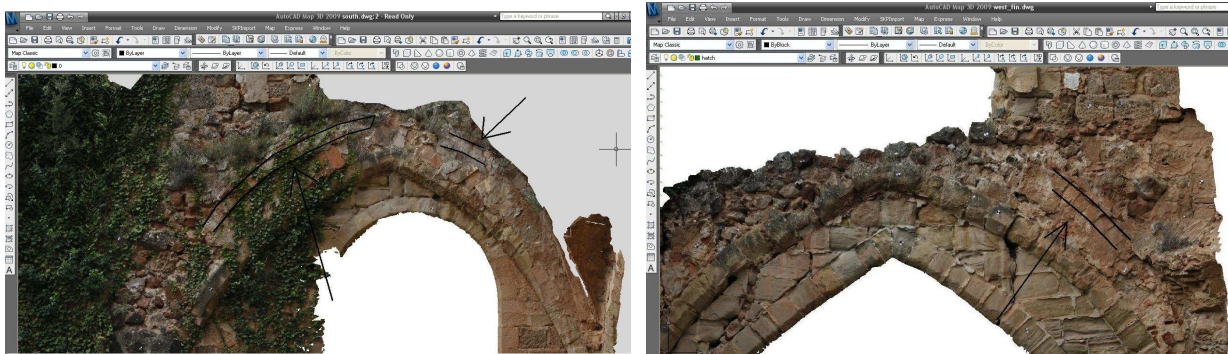


Εικόνα_93: Συνδιασμός διαφορετικών πηγών

4.3.2. Συμπλήρωση Δεδομένων

Κατά τη σχεδίαση χρειάστηκε πολλές φορές η συμπλήρωση δεδομένων σε σχέση με τα στοιχεία που απεικονίζονταν στο αρχικό σχέδιο των αρχαιολόγων.

Με προσεχτική παρατήρηση φωτογραφιών, εντοπίστηκαν στοιχεία τα οποία δεν καταγράφηκαν από την αρχαιολογική ομάδα σε πρώτη φάση. Δεδομένης της δυσκολίας επικοινωνίας με τους συνεργάτες αρχαιολόγους, χρειάστηκε η λήψη αποφάσεων ως μέρος της Εργασίας αυτής και για νέα σημαντικά δομικά στοιχεία της εκκλησίας, πέρα από απλή ταυτοποίηση δεδομένων και σχεδιασμό αυτών. Για παράδειγμα, κατά το σχεδιασμό, παρατηρήθηκε η ύπαρξη ιχνών ενός επιπλέον τόξου πάνω από το ήδη υπάρχον τόξο του νοτίου και δυτικού τοίχου (εικόνες_94 & 95)



Εικόνες_94 & 95: Εντοπισμός νέων στοιχείων κατά το σχεδιασμό, νότιος και δυτικός τοίχος

Αφού μετρήθηκαν οι αποστάσεις των ιχνών των τόξων με τα υπάρχοντα τόξα επί των δύο τοίχων και παρατηρήθηκε ότι υπάρχει αντιστοιχία στο μέγεθος, αποφασίστηκε η σχεδίαση αυτών των επιπλέον τόξων με βάση τη συμμετρία και στους υπόλοιπους τοίχους. Μάλιστα, θεωρήθηκε ότι αυτά τα τόξα αποτελούν τμήμα των σταυροθολίων της οροφής και όχι τα ήδη υπάρχοντα, όπως αρχικά είχε εκτιμηθεί από την ομάδα αρχαιολογίας.

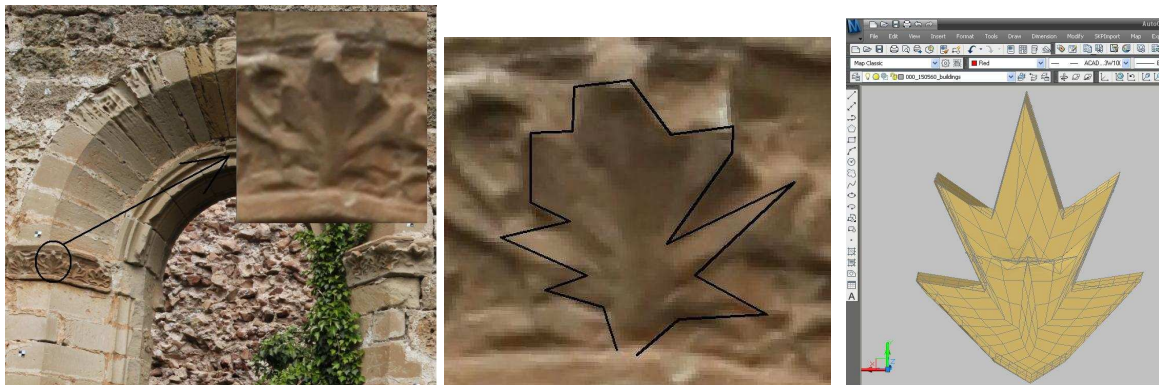
Αρκετές ήταν οι παρόμοιες σημαντικές αποφάσεις – ανακαλύψεις επί του μνημείου που αποτέλεσαν μέρος αυτής της Εργασίας. όλες οι αποφάσεις αυτές εν τέλει αξιολογήθηκαν από τους συνεργάτες αρχαιολόγους και εκτιμήθηκαν ως σωστές.

4.3.3. Επίπεδο Λεπτομέρειας

Το επίπεδο λεπτομέρειας σε περιπτώσεις ανακατασκευαστικών μοντέλων ποικίλει, καθώς ένα τμήμα τους αποδίδει την υπάρχουσα πραγματικότητα, εφόσον αυτή διατηρεί στοιχεία της φάσης Αποκατάστασης και άλλο τμήμα τους αποδίδει στοιχεία που δεν υπάρχουν, αλλά έχουν εκτιμηθεί ότι υπήρχαν κατά τη φάση αυτή. Συνεπώς, για τα τμήματα που δεν υπάρχουν η ακρίβεια και το επίπεδο λεπτομέρειας βασίζονται στην ποιότητα και πληρότητα των δεδομένων. Για το συγκεκριμένο μοντέλο, του οποίου τα δεδομένα για το παρελθόν ήταν φτωχά, η ακρίβεια και η λεπτομέρεια περιορίζονται στην απόδοση ενός αποδεχτού αρχιτεκτονικά και αισθητικά οικοδομήματος. Για τα τμήματα, όμως του μοντέλου, τα οποία διατηρούνται ως και σήμερα, επιδιώχθηκε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και λεπτομέρεια.

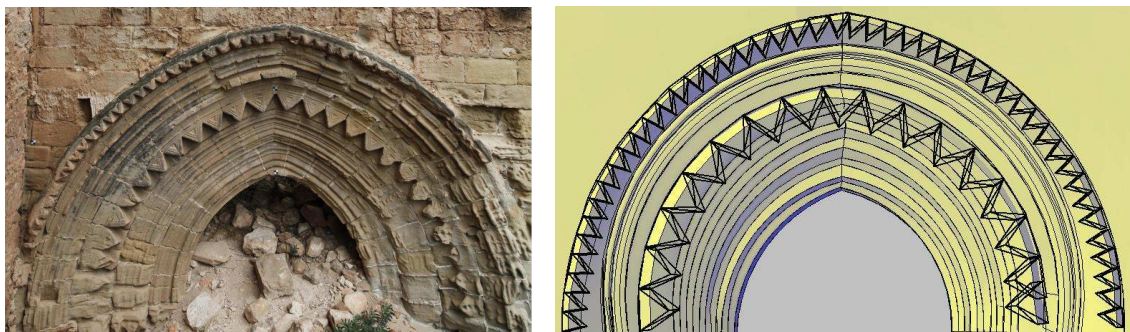
Σχετικά με το θέμα αυτό, για τα υπάρχοντα στοιχεία χρειάστηκε να αποφασιστεί πέρα από την επιδιωκόμενη σωστή γεωμετρική θέση, κατά πόσο θα αναλυθούν τα διάφορα διακοσμητικά στοιχεία και με ποιά λεπτομέρεια αυτά θα αποδοθούν. Τα υπόλοιπα στοιχεία (τοίχοι, τόξα, παράθυρα κτλ) αναλύονταν σε απλά γεωμετρικά σχήματα και συνεπώς η απόδοσή τους δεν έθετε ζητήματα λεπτομέρειας. Για τα διάφορα διακοσμητικά στοιχεία όμως τα οποία είχαν περίπλοκο σχήμα, η απόδοσή τους εμπεριέχει μια υποκειμενική εκτίμηση.

Για παράδειγμα στην εικόνα_96 παρουσιάζεται λεπτομέρεια από το μεσαίο παράθυρο του νοτίου τοίχου. Η λεπτομέρεια αυτή δεν αποδίδεται στο Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας, ούτε στα τρισδιάστατα Γραμμικά Σχέδια, παρά μόνο στις ορθοφωτογραφίες. Δεδομένου ότι το επίπεδό τους δεν είναι παράλληλο με αυτό των ορθοφωτογραφιών, δεν μπορούν να αποδοθούν μέσω αυτών. Επιπλέον, η υπάρχουσα κατάσταση της λεπτομέρειας έχει φθαρεί αρκετά σε σχέση με το πώς ήταν κατά το 14^ο -15^ο αιώνα. Έγινε, συνεπώς, μια προσπάθεια το στοιχείο αυτό να αποδοθεί με βάση ένα ωραίο αισθητικά αποτέλεσμα.



Εικόνες_96,97 & 98: Λεπτομέρεια παραθύρου νοτίου τοίχου, πραγματικότητα και τελικό σχέδιο

Παρόμοια αντιμετώπιση, είχε και τμήμα της εισόδου της εκκλησίας, η οποία έχει ιδιαίτερα περίτεχνο σχέδιο (εικόνες_154 & 155).



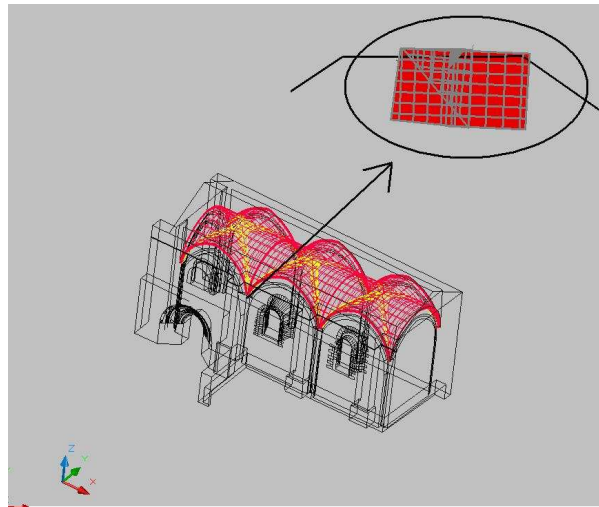
Εικόνες_99 & 100: Λεπτομέρεια της εισόδου της εκκλησίας, πραγματικότητα και τελικό σχέδιο

4.3.4. Σχεδιαστικές Δυσκολίες

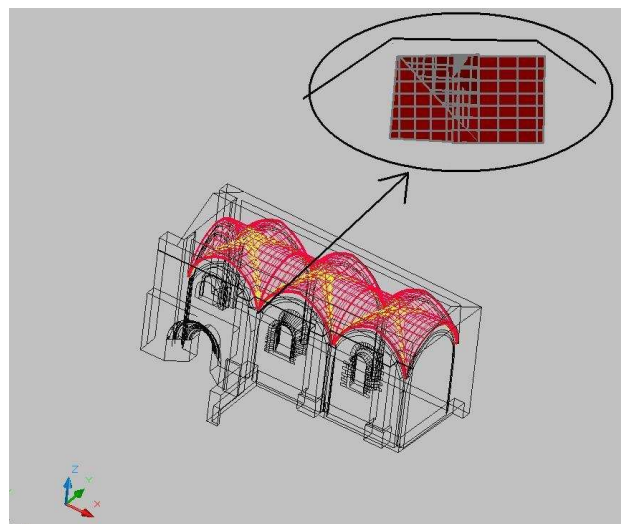
Κατά τη σχεδίαση, προέκυπταν συνεχώς δυσκολίες-προκλήσεις που αφορούσαν στη συνένωση όλων των σχεδιαστικών τμημάτων μεταξύ τους. Ειδικότερα για τμήματα, τα οποία δεν υφίστανται σήμερα και έγινε μια εκτίμηση της ύπαρξής τους, οι

προκλήσεις αυτές ήταν συνηθέστερες. Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις, που η συνένωση των διαφόρων τμημάτων δημιουργούσε προβλήματα, λήφθηκε η κατάλληλη απόφαση με βασικό κριτήριο το καλό αισθητικό αποτέλεσμα, αλλά και τον περιορισμό του χρόνου εργασίας, καθώς, όπως αναλύεται στο κεφάλαιο_4.4.2, μια μικρή μόνο διόρθωση, ενδεχομένως να κόστιζε πολλές ώρες εργασίας.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της τοποθέτησης των σταυροθολίων επί των κίωνων της εκκλησίας. Κατά τη συνένωση αυτή παρατηρήθηκε ότι σε τρεις από τους οκτώ κίονες, η βάση των σταυροθολίων δεν προσαρμοζόταν σωστά –προεξείχε (εικόνα_101). Η απόκλιση ήταν τόσο μικρή που χρονικά δεν άξιζε η δημιουργία των σταυροθολίων εκ νέου και αποφασίστηκε η διαπλάτυνση της βάσης των αντίστοιχων κίωνων.



Εικόνα_101: Κακή συνένωση σταυροθολίων-κίωνων, με κόκκινο (σε κάτοψη) η βάση των σταυροθολίων που προεξέχει από τον κίονα (μαύρο χρώμα)



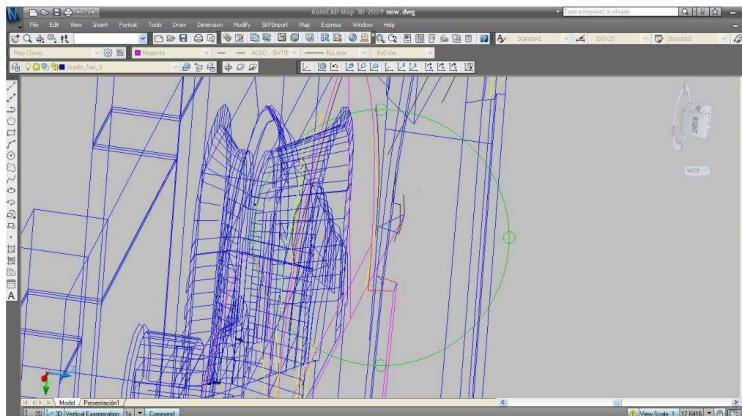
Εικόνα_102: Καλή συνένωση σταυροθολίων-κίωνων με διαπλάτυνση των τελευταίων

4.4. Σχεδίαση

Η σχεδίαση τρισδιάστατων Εικονικών Μοντέλων περιέχει τρία στάδια, το γραμμικό σχέδιο, τη δημιουργία επιφανειών και την τοποθέτηση υλικών επί των επιφανειών. Κάθε Μοντέλο ανάλογα με τις ανάγκες χρήσης του, αλλά και με τις δυνατότητες του αντικειμένου μπορεί να περιέχει και τα τρία στάδια ή και να είναι μόνο γραμμικό ή με επιφάνειες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπως αναλύεται και στο κεφάλαιο_4.4.3, το τελικό προϊόν είναι ένα τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο με επιφάνειες χωρίς υλικά.

4.4.1. Γραμμικό Σχέδιο

Μετά τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων ξεκίνησε η γραμμική σχεδίαση του αντικειμένου σε τρεις Διαστάσεις σε περιβάλλον *AutoCAD*. Το αντικείμενο χωρίστηκε σε διακριτά τμήματα, που να επιτρέπουν την αυτόνομη σχεδιάσή τους (π.χ. οροφή, παράθυρα, είσοδος, τμήματα τοίχων) και στη συνέχεια επιχειρήθηκε η συνένωση αυτών. Το αντικείμενο δεν ήταν δυνατόν να δουλευτεί ως μονάδα ολόκληρο, καθώς όσο πιο πολύ προχωρούσε η σχεδιάσή του, τόσο πιο περίπλοκη γίνονταν η διαχείρισή του, καθώς προέκυπταν πολλές γραμμές στην οθόνη σχεδίασης με αποτέλεσμα τη δυσκολία αντίληψης του χώρου και την κούραση του σχεδιαστή.



Εικόνα_ 103: Πληθώρα πληροφορίας και δυσκολία σχεδίασης

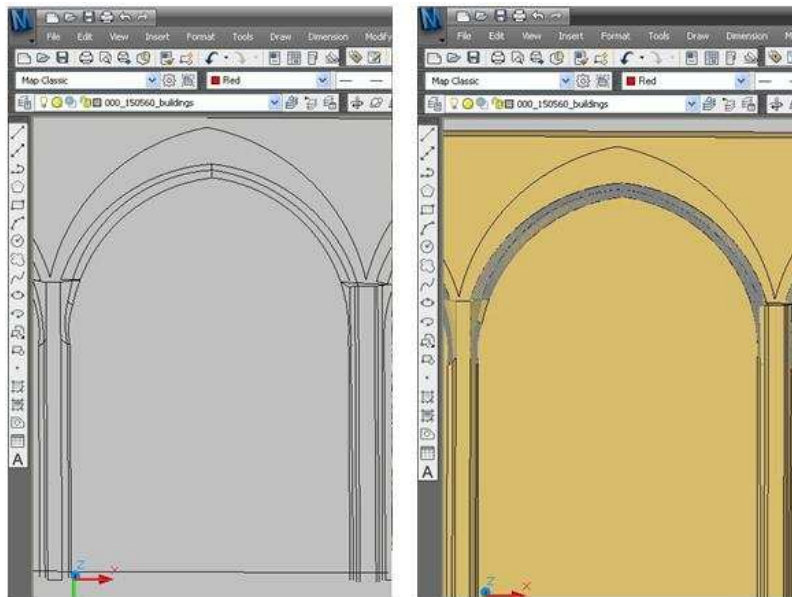
Ακόμα, όμως, και κατά την τμηματική σχεδίαση το πρόβλημα αυτό δεν εξαλείφονταν με αποτέλεσμα να υιοθετηθεί η τεχνική της χρησιμοποίησης πολλών θεματικών επιπέδων (layers) με διαφορετικό χρώμα το καθένα. Από τη μια πλευρά, η μέθοδος αυτή εξυπηρετούσε την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων, από την άλλη όμως η δημιουργία πολλών επιπέδων δημιουργούσε προβλήματα ως προς την κουραστική συνεχή αλλαγή κατάστασης (ενεργό, ανενεργό, αδρανοποιημένο) των διαφόρων επιπέδων.

Προκειμένου να αποδοθεί καλύτερα η αίσθηση του χώρου η οποία σταδιακά χάνονταν με την εισαγωγή όλο και περισσότερων γραμμικών στοιχείων, επιλέχθηκε η δημιουργία επιφανειών σε πολλά σημεία πριν ολοκληρωθεί το γραμμικό σχέδιο για όλη την εκκλησία. Έτσι κατά τη σχεδίαση σε πολλές περιπτώσεις συνυπήρχαν γραμμικά και επιφανειακά στοιχεία.

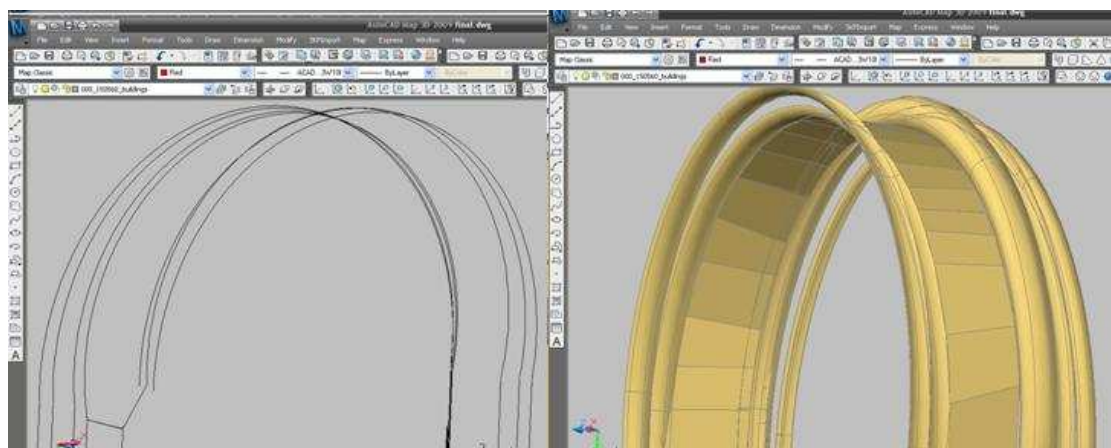
4.4.2. Σχέδιο με Επιφάνειες

Προκειμένου να αποδοθεί καλύτερα το αντικείμενο και να προσεγγίζει την πραγματικότητα προστέθηκαν στα γραμμικά σχέδια επιφάνειες. Να σημειωθεί ότι η σχεδίαση των γραμμικών στοιχείων δεν είναι προαπαιτούμενο για όλες τις επιφάνειες, καθώς το *AutoCAD* δίνει μέσω ορισμένων εργαλείων τη δυνατότητα απευθείας σχεδίασης επιφάνειας. Όπως τα γραμμικά σχέδια, έτσι και οι επιφάνειες δημιουργήθηκαν τμηματικά και με τη χρήση διαφορετικών θεματικών επιπέδων προκειμένου να διευκολυνθεί όσο το δυνατόν η σχεδίαση.

Η δημιουργία επιφάνειας είχε διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας ανάλογα με το αν επρόκειτο για απλό γεωμετρικό σχήμα ή πιο σύνθετο.

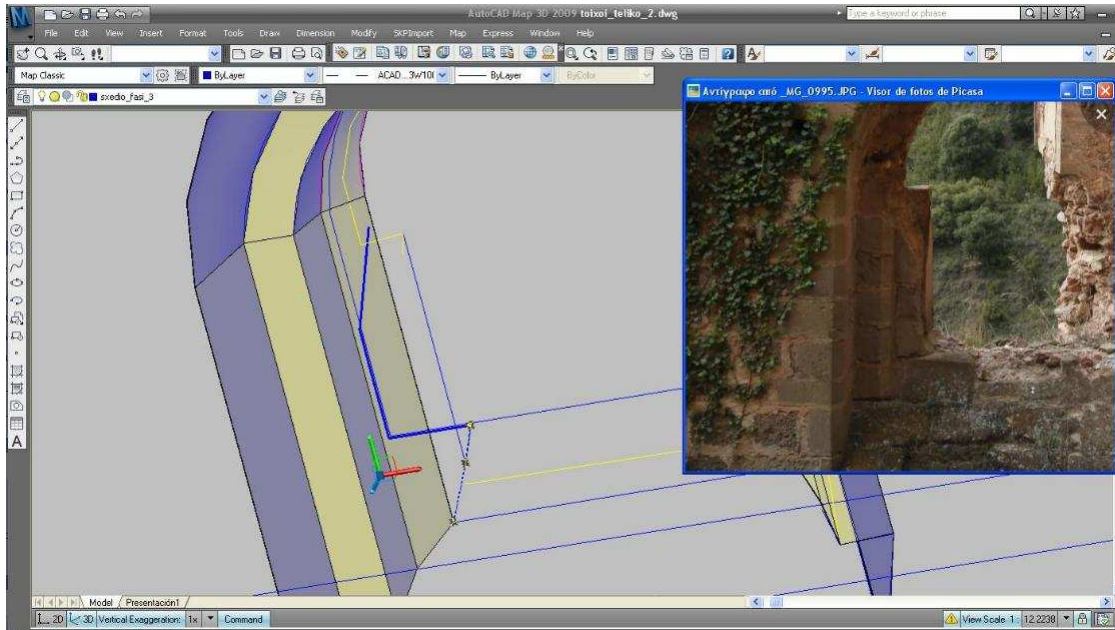


Εικόνα_104: Εύκολη δημιουργία επιφάνειας



Εικόνα_105: Δημιουργία επιφάνειας με δυσκολίες (καμπύλα σχήματα)

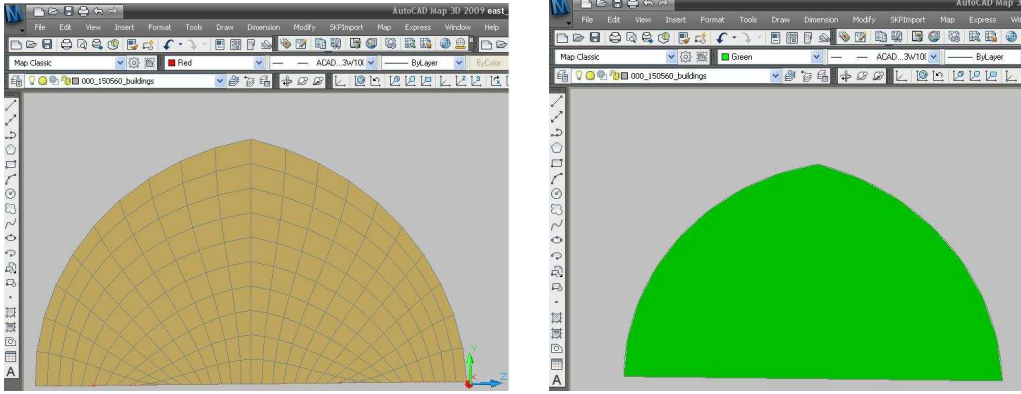
Πάντα μετά τη σχεδίαση ακολουθούσε ο έλεγχος μέσω φωτογραφιών (εικόνα_106).



Εικόνα_106: Έλεγχος σχεδίασης του παραθύρου του νοτίου τοίχου

Ο έλεγχος αυτός γίνεται για τον εντοπισμό χονδροειδών σφαλμάτων, ενώ μικρά σφάλματα και μικρή μη σύμπτωση σχεδίου-πραγματικότητας είτε καλύπτονταν με μικρές διορθώσεις είτε αγνοούνταν. Η αγνόηση αυτή προβλημάτων εφόσον δε δημιουργούσε επιμέρους προβλήματα, κρίθηκε απαραίτητη σε ορισμένες περιπτώσεις, δεδομένου του γεγονότος ότι σε προχωρημένο στάδιο σχεδίασης ακόμα και μικρές σε πρώτη εκτίμηση αλλαγές, έφερναν πληθώρα αλλαγών στα παράπλευρα δομικά στοιχεία, ακόμα και σε ολόκληρο το οικοδόμημα. Συνεπώς, προκειμένου να αποφευχθούν χρονοβόρες αλλαγές, συγκαλύπτονταν ορισμένου τύπου σφάλματα ακόμα και με παρεκτροπές από την πραγματικότητα, όπως στο παράδειγμα της τοποθέτησης του τρούλου επί των κιώνων, όπου αποφασίστηκε να αυξηθεί η διάμετρος των κιώνων (κεφάλαιο_4.3.4).

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεδομένου του ότι δεν υπήρχε εξοικείωση με την τρισδιάστατη σχεδίαση και ειδικότερα με την δημιουργία επιφανειών, πολλά στοιχεία έχουν δημιουργηθεί με διαφορετικούς τρόπους – εργαλεία. Καθ' όλη τη σχεδίαση υπήρχε μια συνεχής εκμάθηση μέσω του πειραματισμού με τις διάφορες επιλογές που προσφέρει το πρόγραμμα η οποία οδηγούσε σε όλο και πιο βελτιωμένο, εύχρηστο και πιο σύντομο σχεδιασμό. Δεδομένου όμως του γεγονότος ότι σε προχωρημένο στάδιο σχεδίασης ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρο να γίνουν αλλαγές, αποφασίστηκε να παραμείνουν τα διάφορα τμήματα ως έχουν, με τον όρο ότι απέδιδαν ικανοποιητικά το αντικείμενο, παρόλο που πλέον ήταν γνωστές καλύτερες τεχνικές σχεδίασής τους.



Εικόνα_107: Μία επιφάνεια αποτελούμενη από μικρότερες (εργαλείο edgesurf)
 Εικόνα_108: Διαφορετικού τύπου σχεδίαση, μία επιφάνεια αυτοτελής (εργαλείο extrude)

4.4.3. Υλικά επί των Επιφανειών

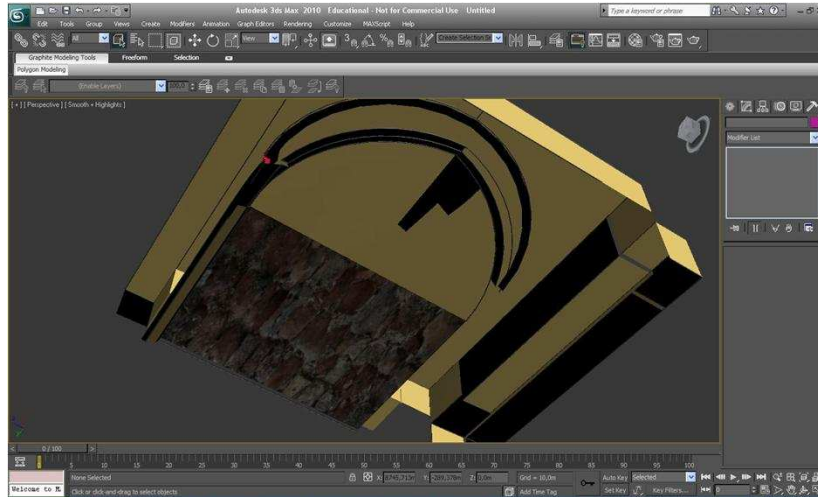
Επόμενο στάδιο για την ολοκλήρωση του Εικονικού Μοντέλου είναι η τοποθέτηση της κατάλληλης υφής και υλικών επί των επιφανειών. Πρόκειται για μια διαδικασία το αποτέλεσμα της οποίας είναι μια πολύ ρεαλιστική εικόνα του αντικειμένου όπως αυτό ήταν κατά τη φάση Αποκατάστασης. Οι επιφάνειες δεν έχουν ένα απλό χρώμα, αλλά αποκτούν υφή και υλικό (πέτρα, τούβλο, μάρμαρο κτλ). Τα σχεδιαστικά προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούνται για αυτές τις περιπτώσεις συνήθως παρέχουν δικές τους βιβλιοθήκες υλικών, καθώς επίσης υπάρχει και πληθώρα βιβλιοθηκών προς χρήση στο διαδίκτυο, δίνεται όμως η ευκαιρία και για τη δημιουργία νέων υλικών παίρνοντας δείγμα από εικόνες του αντικειμένου, προκειμένου αυτό να αποδοθεί όσο πιο πιστά γίνεται.



Εικόνα_109: Βιβλιοθήκη υλικών

Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν έχει γίνει ακόμα η μελέτη για τα υλικά που είχαν τα επιμέρους τμήματα της εκκλησίας κατά το 14^ο-15^ο αι. Ακόμα και για τα τμήματα που υπάρχουν σήμερα, δεν είναι γνωστά τα εξωτερικά υλικά τους κατά τη φάση της Αποκατάστασης (πέτρα, αμμοκονίαμα). Συνεπώς δεν έγινε τοποθέτηση υλικών επί του αντικειμένου και το τελικό προϊόν περιορίζεται σε απλές επιφάνειες.

Εν αναμονή της διερεύνησης των υλικών της εκκλησίας, η οποία ως και σήμερα (03/2012) δεν έχει πραγματοποιηθεί, έγιναν κάποιες πρώτες δοκιμές να τοποθετηθεί υλικό επί του ανατολικού τοίχου. Παρατίθεται εικόνα με το αποτέλεσμα (εικόνα_110), το οποίο αποτελεί μια προσπάθεια σε πρώιμο στάδιο που επιδέχεται μεγάλη βελτίωση. Αν και το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό, παρατίθεται ώστε να παρουσιαστεί το στάδιο αυτό και να αποτελέσει κίνητρο για περαιτέρω μελέτη και επεξεργασία.



Εικόνα_110: Μια μη ικανοποιητική εφαρμογή τοποθέτησης υλικού επί του ανατολικού τοίχου

Η επεξεργασία έγινε σε περιβάλλον *3ds MAX* με βοηθητικό πρόγραμμα το *Photoshop*. Αφού τα τριών διαστάσεων στοιχεία του αντικειμένου προβληθούν στα κατάλληλα επίπεδα προβολής στο *3ds MAX*, στη συνέχεια οι προβολές τους αυτές εισάγονται στο *Photoshop* όπου, επίσης, εισάγεται και η εικόνα του υλικού. Αφού συσχετιστούν προβεβλημένα στοιχεία και υλικό δημιουργείται μια νέα εικόνα η οποία εισάγεται ως υλικό στο *3ds MAX*. Τέλος, το τρισδιάστατο αντικείμενο επενδύεται με το υλικό αυτό.

4.5. Αποτελέσματα

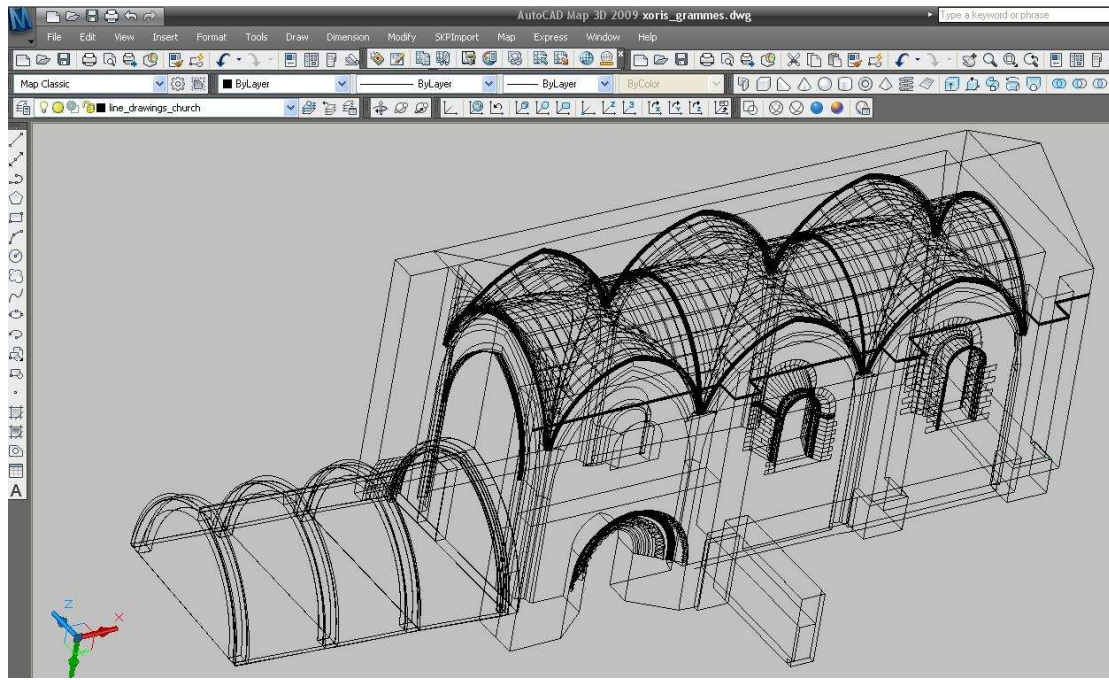
Το τελικό προϊόν είναι ένα τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο, συνεπώς προτείνεται η παρατήρησή του με τη χρήση κάποιου ειδικού λογισμικού σχεδίασης, ώστε να μπορεί να εξετασθεί σε 3 διαστάσεις. Προκειμένου, συνεπώς, να μπορεί να γίνει παρατήρηση από κάθε είδους χρήστη, ο οποίος να μπορεί να εστιάζει στα τμήματα που τον ενδιαφέρουν, το αποτέλεσμα αποθηκεύτηκε στα κλασικά αρχεία AutoCAD (*dwg,dxf*). Επιπλέον δημιουργήθηκε ένα βίντεο με το πρόγραμμα Snagit, στο οποίο παρουσιάζεται μια συγκεκριμένη διαδρομή – κίνηση του αντικειμένου.

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες εικόνες από το τελικό τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο. Γίνεται παρουσίαση τόσο για διάφορα τμήματα όσο και για ολόκληρο το μοντέλο με διάφορους τρόπους οπτικοποίησης.

Γραμμικό σχέδιο

Στην εικόνα_111 παρουσιάζεται το γραμμικό τρισδιάστατο Μοντέλο της εκκλησίας του 14^{ου}-15^{ου} αιώνα. Λόγω έλλειψης επιφανειών δεν είναι ιδιαίτερα ρεαλιστικό,

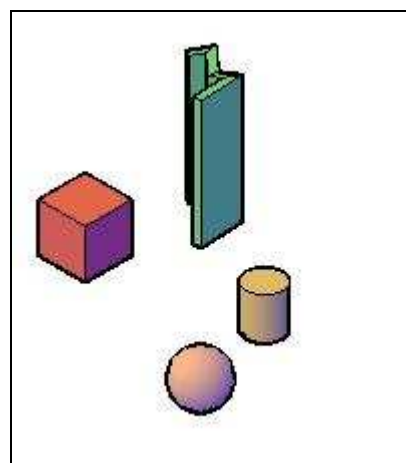
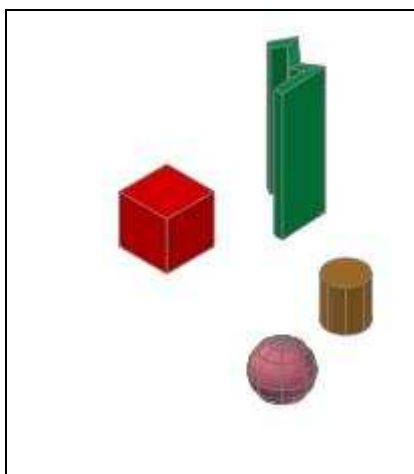
αλλά παρατίθεται γιατί παρέχει δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων και παρατήρησης ορισμένων λεπτομερειών.



Εικόνα_111: Γραμμικό σχέδιο της εκκλησίας της 3^{ης} φάσης (14^ο-15^ο αι.)

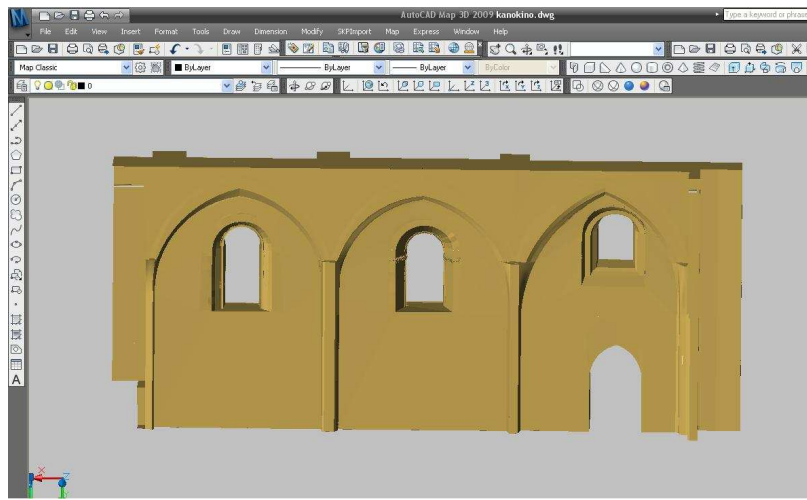
Σχέδιο με επιφάνειες

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο μοντέλο, αλλά και τμήματά του με επιφάνειες. Το *AutoCAD* παρέχει δύο τρόπους οπτικοποίησης – το ρεαλιστικό και το εννοιολογικό μοντέλο. Τα δυο αυτά μοντέλα απόδοσης αποδίδουν σκίαση στα αντικείμενα και λειαίνουν τις ακμές των πολυγώνων. Το πρώτο χρησιμοποιεί την εναλλαγή-μετάβαση από φωτεινή σε σκούρα απόχρωση (εικόνα_112), ενώ το δεύτερο από ψυχρά σε ζεστά χρώματα (εικόνα_113) για την απόδοση της σκίασης. Ο δεύτερος τρόπος αναπαράστασης είναι λιγότερο ρεαλιστικός, αλλά τονίζει ορισμένες λεπτομέρειες των αντικειμένων.

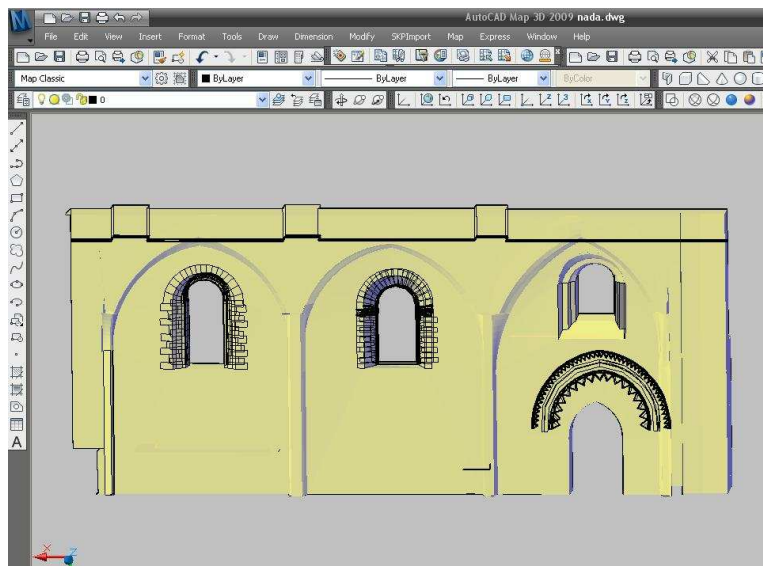


Εικόνες_112 & 113: Ρεαλιστικός (αριστερά) και εννοιολογικός (δεξιά) τρόπος απόδοσης

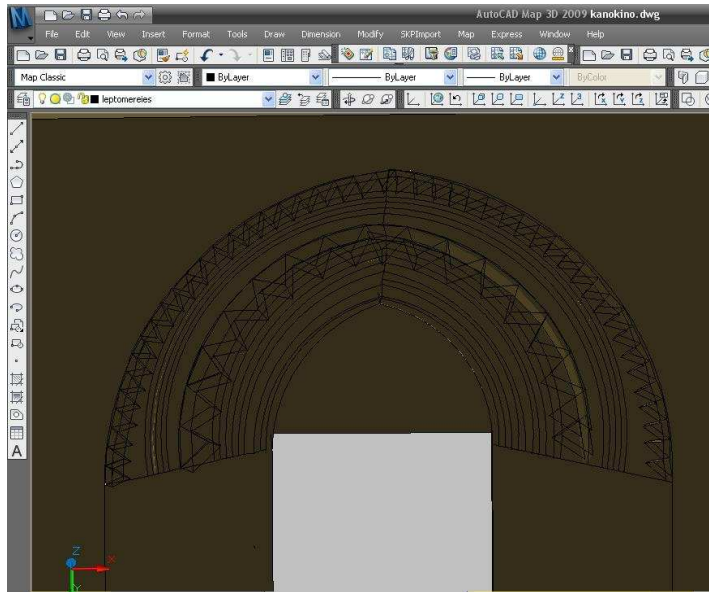
Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα τμήματα του τρισδιάστατου Εικονικού Μοντέλου.



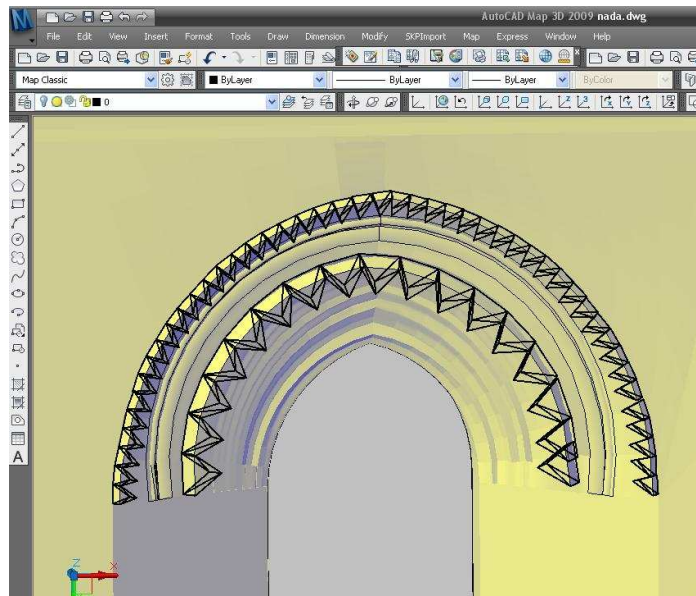
Εικόνα_114: Επιφάνεια εσωτερικής όψης νοτίου τοίχου, ρεαλιστικός τρόπος απόδοσης



Εικόνα_115: Επιφάνεια εσωτερικής όψης νοτίου τοίχου, εννοιολογικός τρόπος απόδοσης



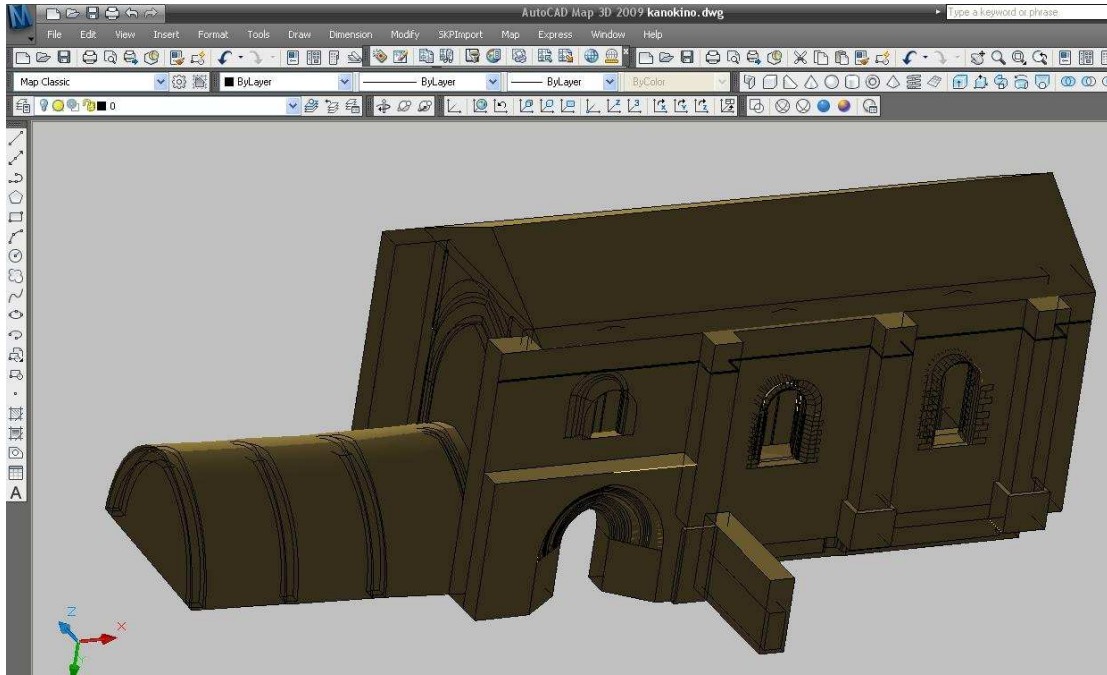
Εικόνα_116: Άνω μέρος της εισόδου της εκκλησίας, ρεαλιστικός τρόπος απόδοσης



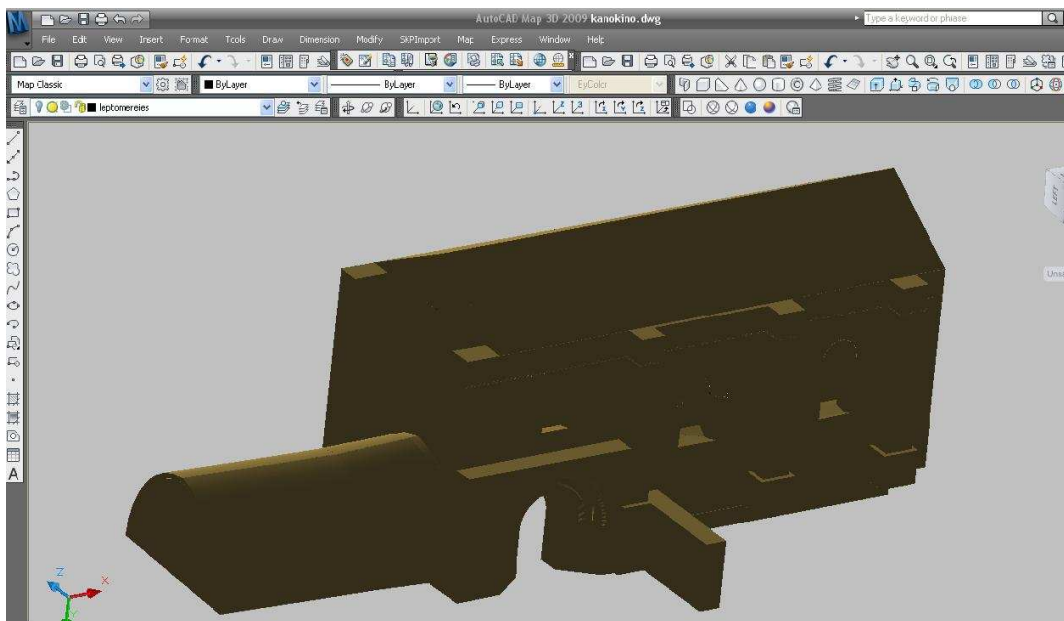
Εικόνα_117: Άνω μέρος της εισόδου της εκκλησίας, εννοιολογικός τρόπος απόδοσης

Παρακάτω παρουσιάζεται ολοκληρωμένο το Μοντέλο όπως αποδίδεται με τον ρεαλιστικό τρόπο οπτικοποίησης, καθώς θεωρείται ότι για το ολοκληρωμένο Μοντέλο, η μέθοδος αυτή δίνει πιο ελκυστικά αισθητικά αποτελέσματα.

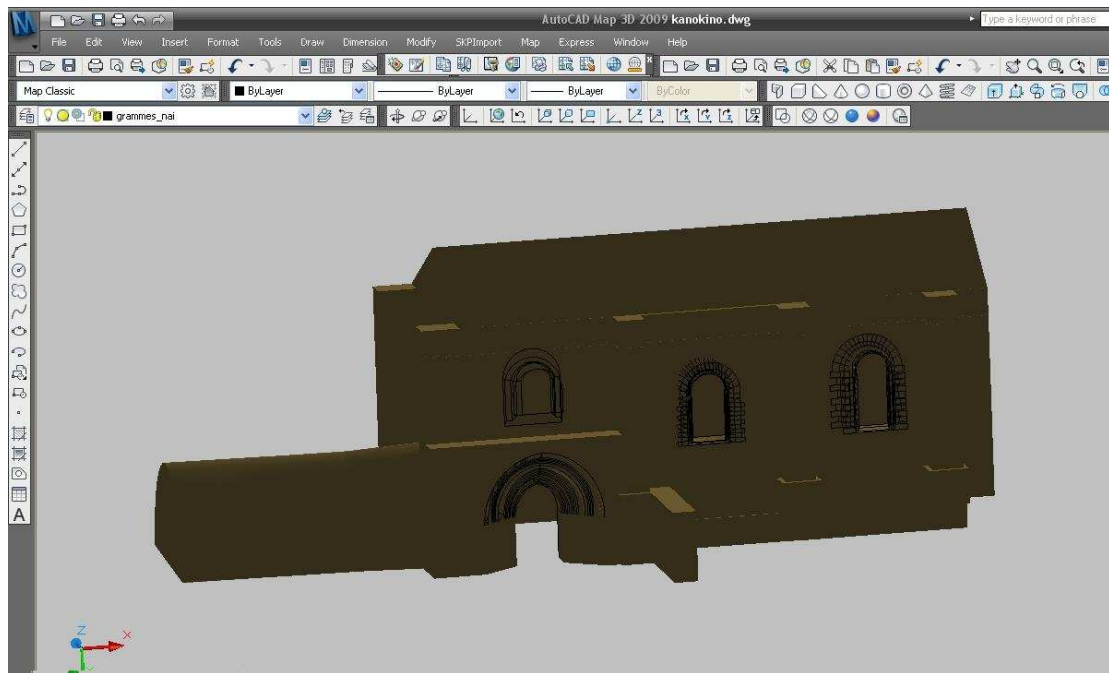
Παρουσιάζεται με επιφάνειες και γραμμικά στοιχεία (εικόνα_118), αλλά και μόνο με επιφάνειες (εικόνα_119). Στο πρώτο Μοντέλο, απεικονίζονται καλύτερα ορισμένες λεπτομέρειες (παράθυρα, είσοδος, τόξα), αλλά και στοιχεία που δε θα έπρεπε να απεικονίζονται όπως τα τόξα στο εσωτερικό της κρύπτης. Το δεύτερο Μοντέλο, από την άλλη δεν περιλαμβάνει τέτοια πρόβλημα, αλλά λόγω ανυπαρξίας γραμμών δε είναι ευδιάκριτα τα όρια κάθε επιφάνειας με αποτέλεσμα να είναι 'δυσανάγνωστο' σε ορισμένα τμήματα. Ανάλογα με τη χρήση προτείνεται και το κατάλληλο είδος Μοντέλου, ενώ μπορεί να δημιουργηθεί και συνένωση των θετικών στοιχείων που το καθένα παρέχει για ένα πιο βελτιωμένο αποτέλεσμα (εικόνα_120).



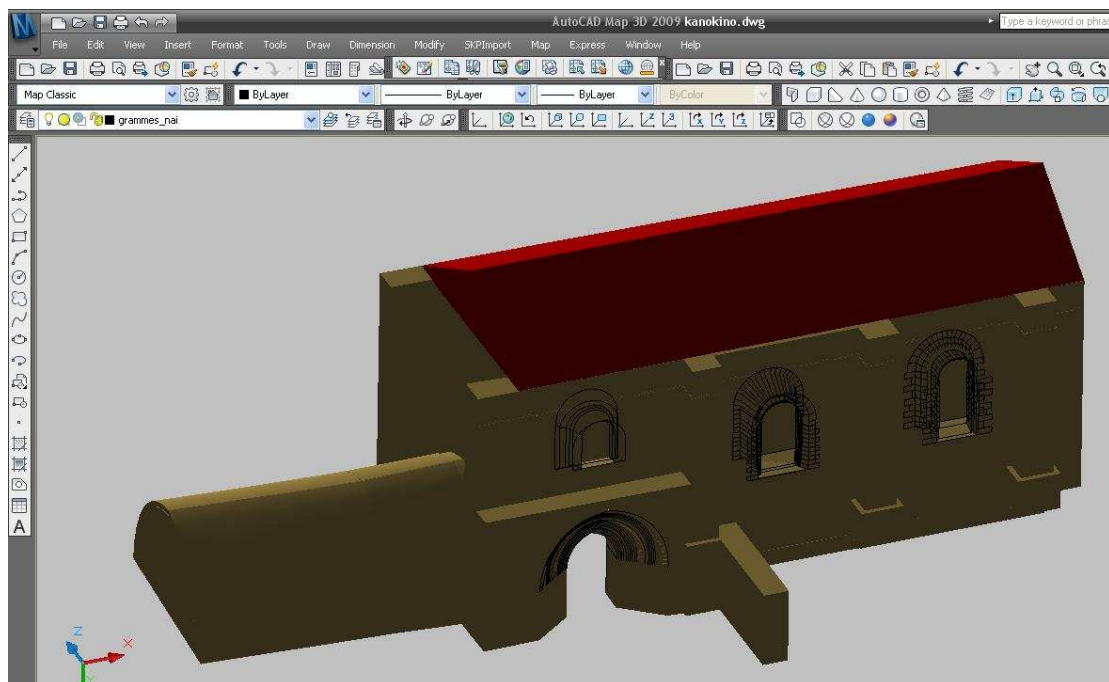
Εικόνα_118: Ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο με γραμμικά στοιχεία



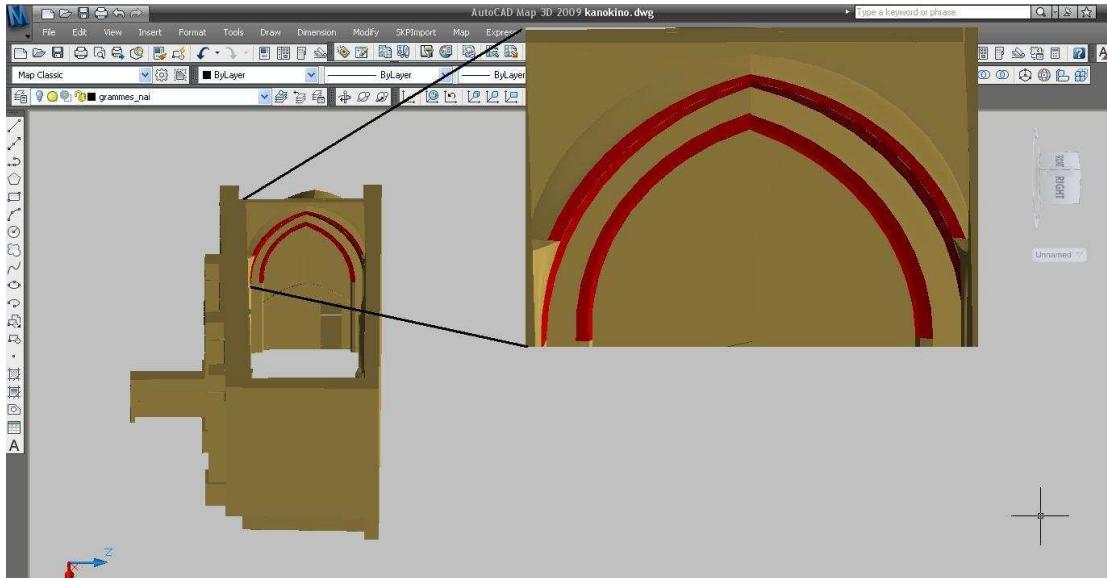
Εικόνα_119: Ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο, μόνο επιφάνειες



Εικόνα_120: Ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο, συνδυασμός γραμμών και επιφανειών
Επιπλέον προκειμένου να τονιστούν ορισμένα μόνο στοιχεία του οικοδομήματος, προτείνεται η διαφοροποίησή τους μέσω διαφορετικού χρώματος .



Εικόνα_121: Διαφοροποίηση της στέγης (κόκκινο χρώμα) από την υπόλοιπη εκκλησία



Εικόνα_122: Διαφοροποίηση των τόξων του δυτικού τοίχου (κόκκινο χρώμα) από την υπόλοιπη εκκλησία

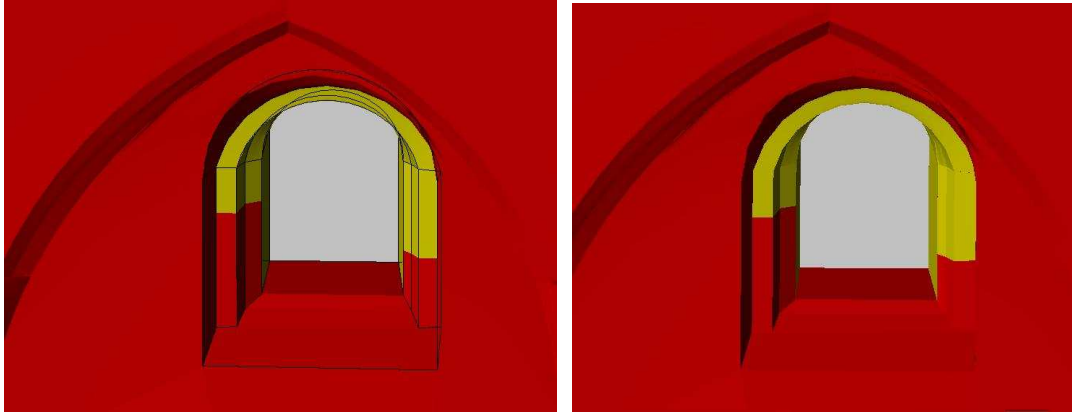
Προκειμένου να δίνεται μέσα από το τελικό προϊόν, που είναι το Εικονικό Μοντέλο μια εκτίμηση για την ακρίβειά του μέσω της πηγής προέλευσης του κάθε στοιχείου του, αποφασίστηκε και η απόδοσή του με συγκεκριμένο συμβολισμό που θα αποδίδει έμμεσα ακρίβεια και πηγή. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκαν δύο τρόποι προσέγγισης του ζητήματος αυτού. Ο ένας αποδίδει τη διαφοροποίηση με διαφορετικό χρώμα και ο δεύτερος επίσης με διαφορετικό χρώμα, η επιλογή του οποίου όμως αποδίδει και μια βαρύτητα στον αντίστοιχο συμβολισμό.

Απόδοση με διαφορετικό χρώμα – Διαφορετικές Πηγές

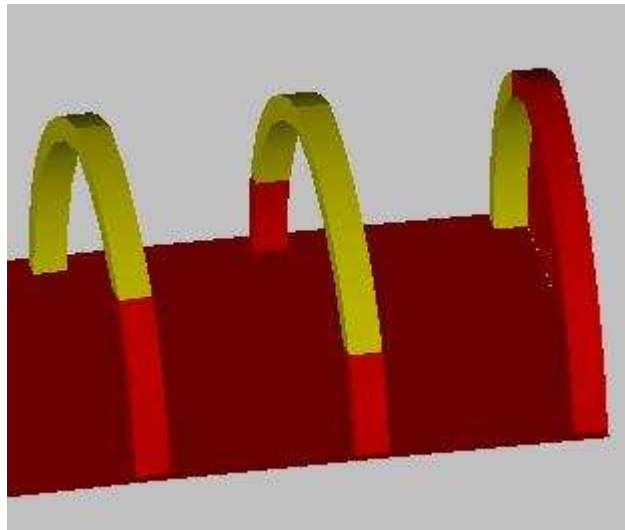
Στις εικόνες_123 ως 131 παρουσιάζονται τμήματα, αλλά και ολόκληρο το Μοντέλο με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με την πηγή προέλευσης των δεδομένων. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα επιβάλλεται να συνοδεύεται από το απαραίτητο υπόμνημα που επεξηγεί τη διαφοροποίηση του χρώματος. Στην προκειμένη περίπτωση,

- Υπάρχουσα κατάσταση (με κόκκινο)
Πρόκειται για τα στοιχεία της εκκλησίας τα οποία διατηρούνται μέχρι σήμερα ολοκληρωμένα ή μερικώς
- Απόρροια της υπάρχουσας κατάστασης (με κίτρινο)
Πρόκειται για τα στοιχεία που ολοκληρώνουν τα ήδη υπάρχοντα στοιχεία – είτε πρόκειται για φθαρμένα τμήματά τους είτε για τμήματα τα οποία υπάρχει υπόνοια ότι υπάρχουν και δεν έχουν εκσκαφεί ακόμα (βάση τοίχων και κιόνων)
- Υποθέσεις βασισμένες σε δεδομένα (με πράσινο)
Πρόκειται για τα στοιχεία τα οποία προέρχονται από άλλου είδους πηγές, όπως τα γνωστά αρχιτεκτονικά μοντέλα που σχεδιάστηκαν με βάση ίχνη τους επί των υπάρχοντων στοιχείων και υποθέσεις που βασίζονται στα διατηρημένα στοιχεία
- Υποθέσεις χωρίς δεδομένα (με μπλε)

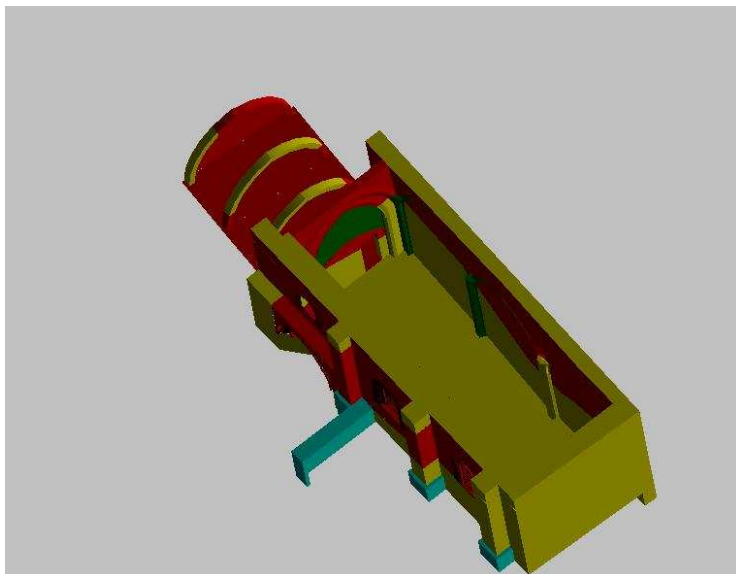
Πρόκειται για στοιχεία για τα οποία δεν υπάρχουν δεδομένα στο χώρο, αλλά προκύπτουν από την εμπειρία των συνεργατών αρχαιολόγων

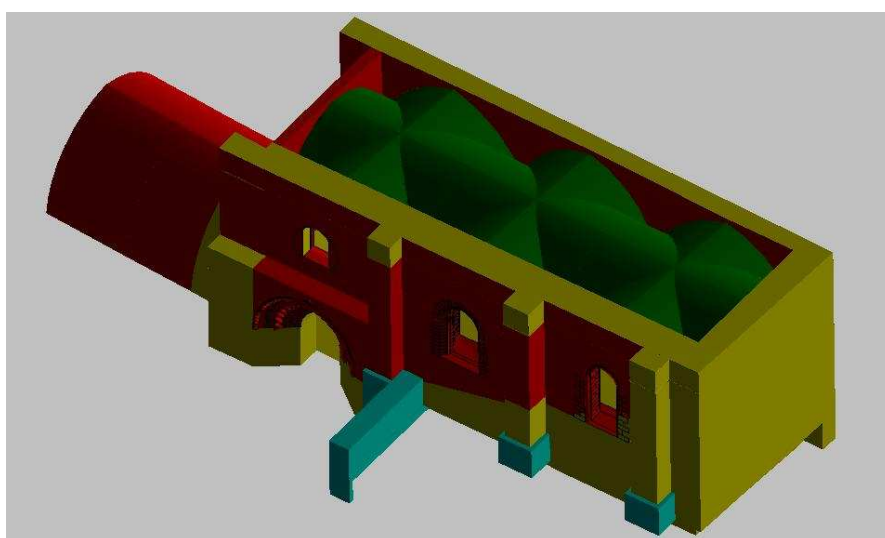
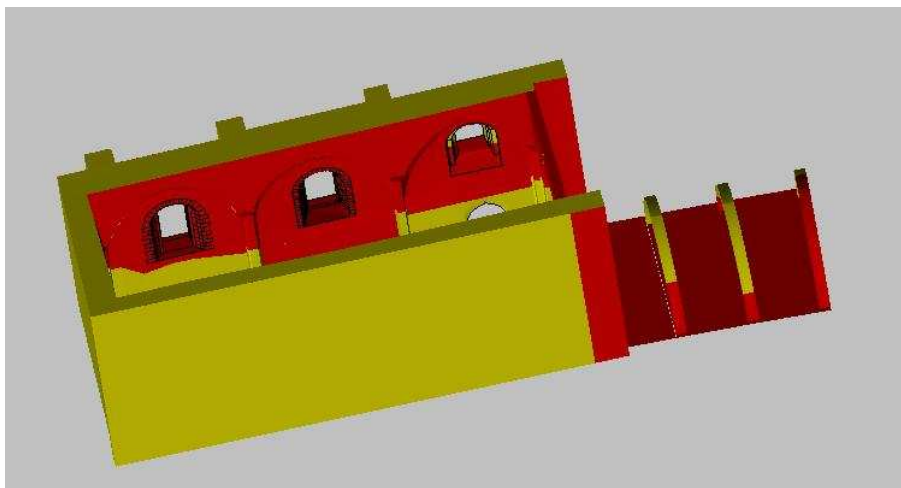


Εικόνες_123 & 124: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου Μοντέλου με γραμμικά στοιχεία (αριστερή εικόνα) και χωρίς γραμμές (δεξιά εικόνα)

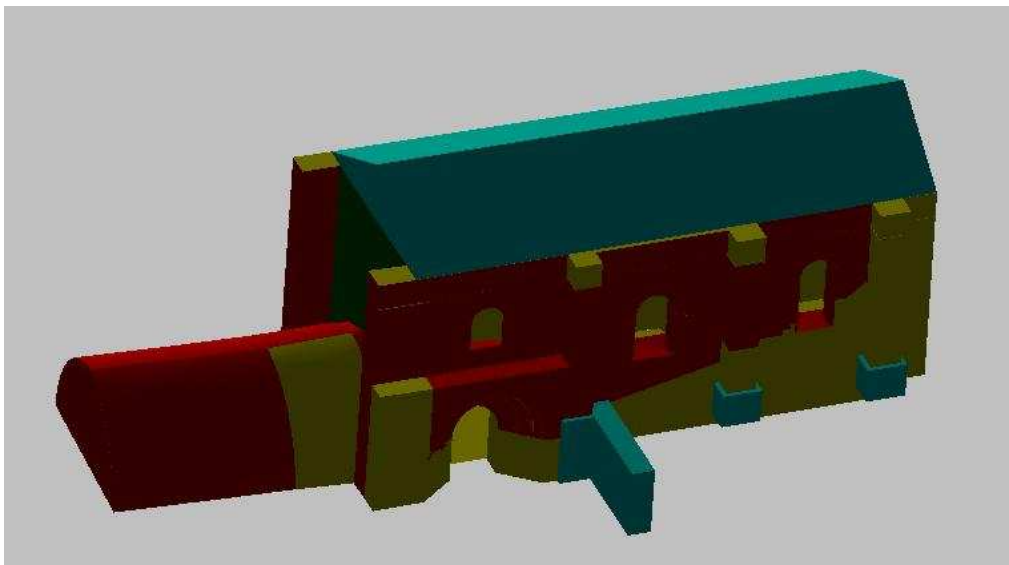
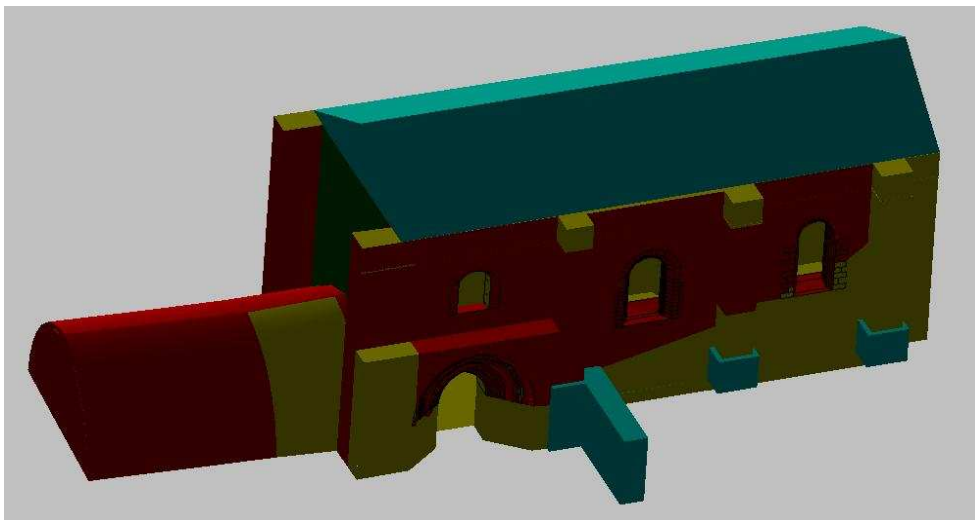
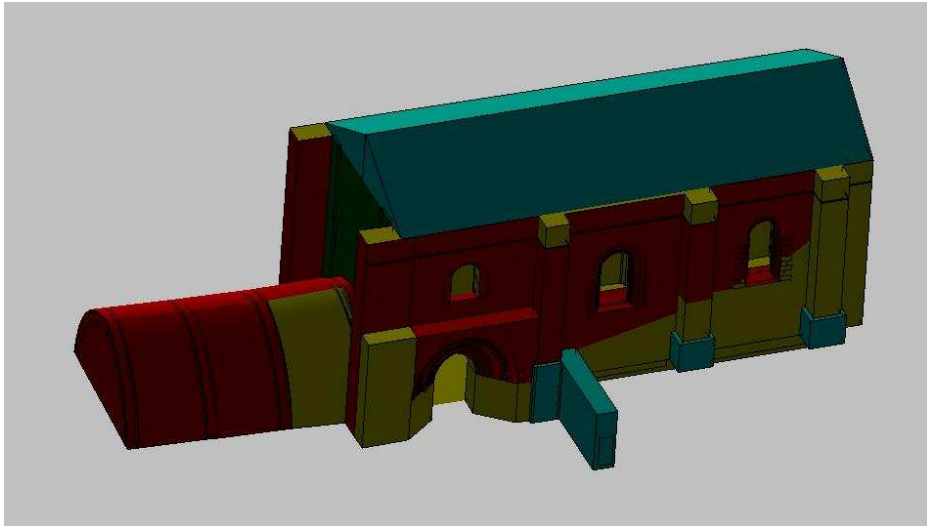


Εικόνα_125: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου Μοντέλου – εσωτερικό της κρύπτης





Εικόνες_126, 127 & 128: Τμήματα του τρισδιάστατου Μοντέλου

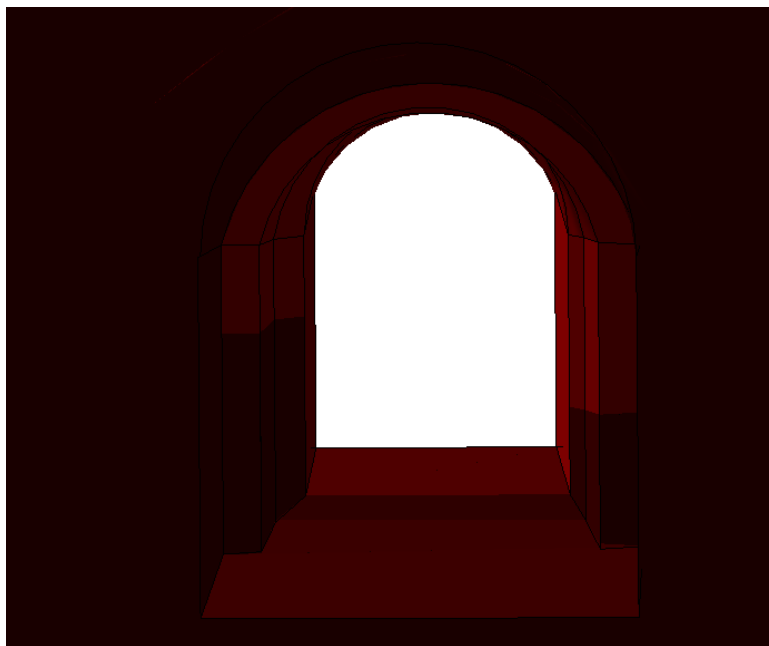


Εικόνες_129, 130 & 131: Ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Μοντέλο, με γραμμικά στοιχεία (άνω εικόνα),ορισμένα μόνο γραμμικά στοιχεία (μεσαία εικόνα) και καθόλου γραμμικά στοιχεία (κάτω εικόνα)

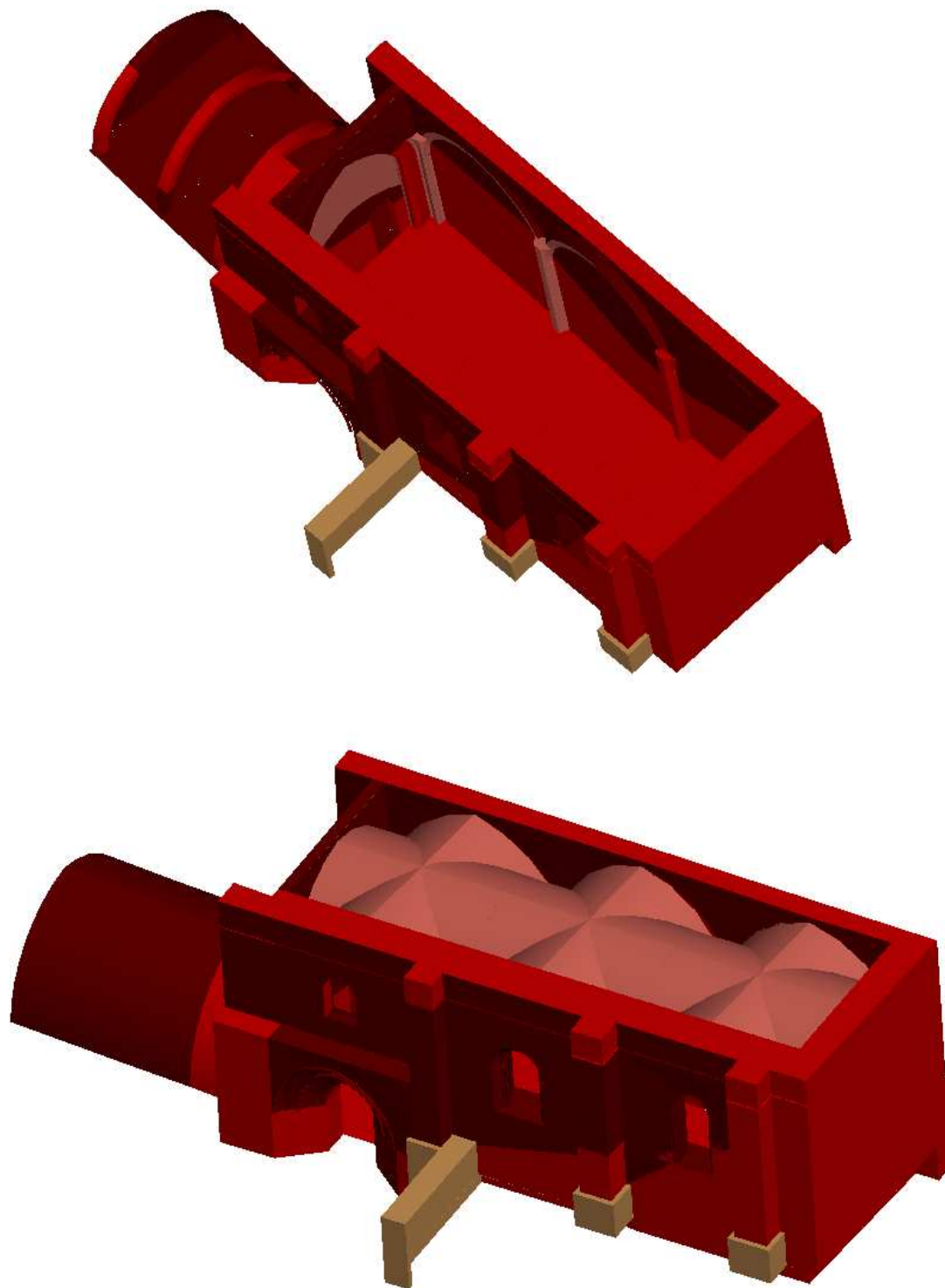
Απόδοση με διαφορετικό βάρος – Διαφορετική Ακρίβεια

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται τμηματικά αλλά και ολόκληρο το τρισδιάστατο Εικονικό Μοντέλο με διαφορετικά χρώματα για κάθε στοιχείο του, ανάλογα με την πηγή προέλευσής του. Προκειμένου όμως να δοθεί βάρος σε καθεμία από αυτές τις πηγές, το οποίο έμμεσα θα δηλώνει και βάρος ως προς την ακρίβεια και τη βεβαιότητα ύπαρξης του κάθε στοιχείου, τα διαφορετικά χρώματα αποφασίστηκε να αποτελούν διαφορετικές αποχρώσεις του ίδιου βασικού χρώματος, στην προκειμένη περίπτωση του κόκκινου. Το υπόμνημα που επεξηγεί την αντιστοιχία απόχρωσης-πηγή δεδομένων είναι και σε αυτή την περίπτωση αναγκαίο.

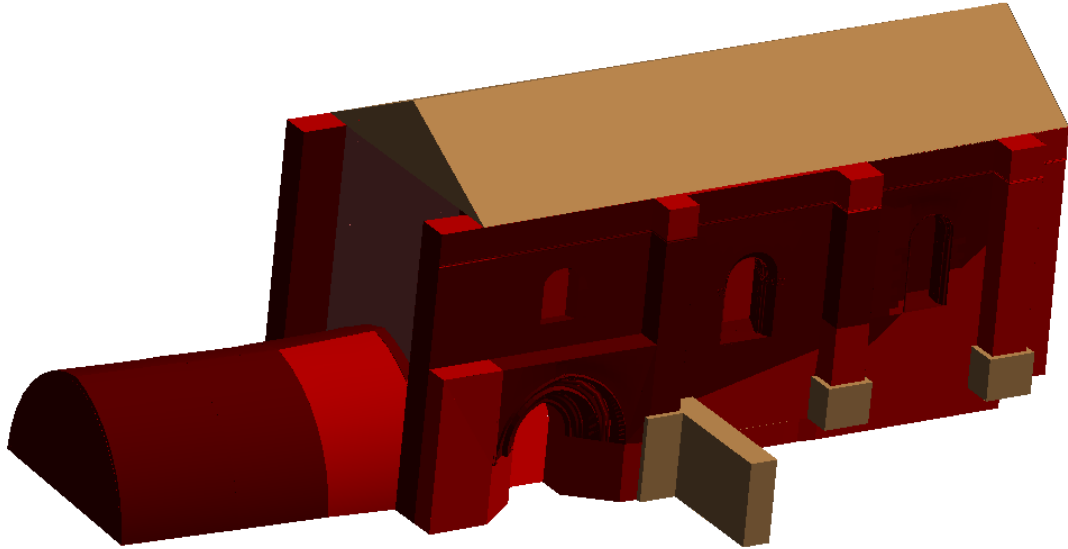
- Υπάρχουσα κατάσταση (με σκούρο κόκκινο)
- Απόρροια της υπάρχουσας κατάστασης (με κόκκινο)
- Υποθέσεις βασισμένες σε δεδομένα (με πιο ανοιχτό κόκκινο-ροζ)
- Υποθέσεις χωρίς δεδομένα (μπεζ)



Εικόνα_132: Λεπτομέρεια του τρισδιάστατου Μοντέλου – παράθυρο νοτίου τοίχου



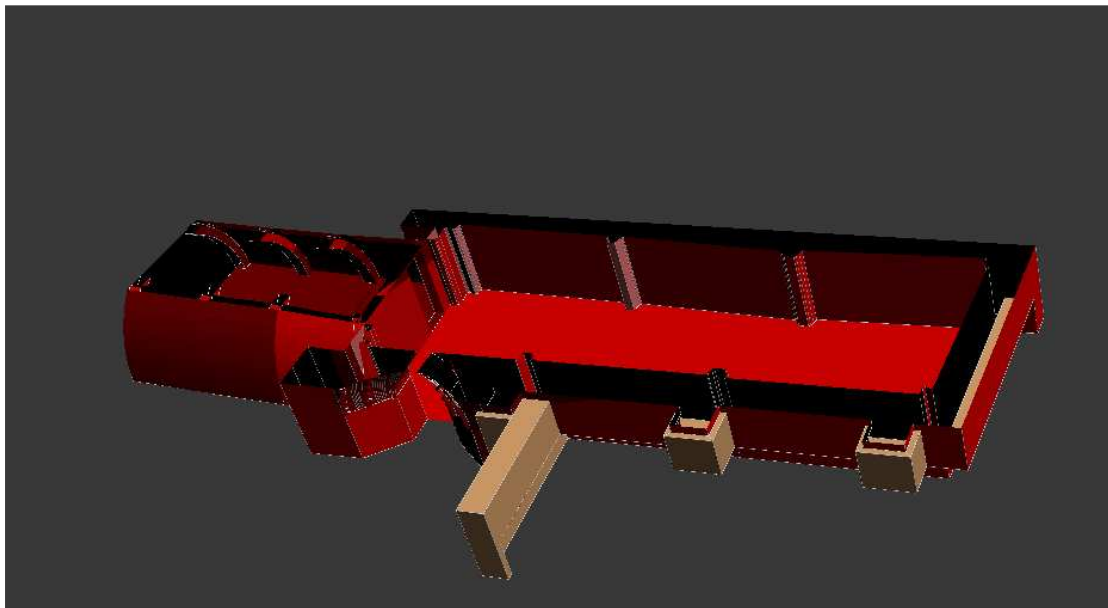
Εικόνες_133 & 134: Τμήματα του τρισδιάστατου Μοντέλου



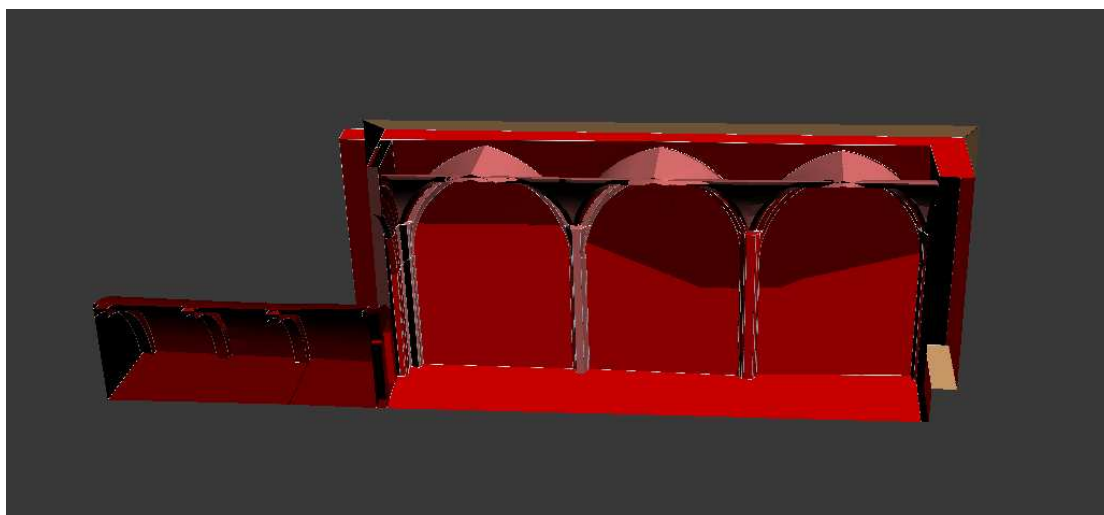
Εικόνα_135: Ολοκληρωμένο τρισδιάστατο Μοντέλο

Τομές

Ένα άλλο αποτέλεσμα που προκύπτει εύκολα και δίνει σημαντική πληροφορία είναι οι πλάγιες τομές του Μοντέλου, οι οποίες δημιουργήθηκαν με το *3ds Max*. Οι τομές αυτές εξυπηρετούν ιδιαίτερα καθώς επιτρέπουν την παρουσίαση στοιχείων στο εσωτερικό του μνημείου.



Εικόνα_136: Πλάγια τομή 1



Εικόνα_137: Πλάγια τομή 2



Εικόνα_138: Πλάγια τομή 3

4.6. Αξιολόγηση - Συμπεράσματα – Προτάσεις

Όσον αφορά στο δεύτερο μέρος της Διπλωματικής αυτής Εργασίας, δηλαδή στην τρισδιάστατη Εικονική Αποκατάσταση της εκκλησίας του Μοναστηριού του Σαν Προυντένθιο κατά το 14^ο-15^ο αιώνα τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά.

Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα θεωρούνται οπτικά άρτια καθώς κατορθώνουν να αποδώσουν το αντικείμενο τόσο σε έμπειρο σχετικά με το αντικείμενο κοινό, αλλά και σε κοινό χωρίς ιδιαίτερη εμπειρία.

Όσον αφορά στη γεωμετρική τους ακρίβεια, αυτή όπως ήδη αναλύεται στο κεφάλαιο αυτό αφορά κυρίως στα ήδη υπάρχοντα δεδομένα, η ακρίβεια των οποίων

αναφέρεται στα σχετικά κεφάλαια (κεφάλαια_3.6.1 και 3.6.2) και θεωρείται καλή για τέτοιου είδους τρισδιάστατα Εικονικά Μοντέλα. Ενώ για τα υπόλοιπα τμήματα του Μοντέλου, τα οποία δε διατηρούνται σήμερα, η θέση των στοιχείων μόνο χονδρικά μπορεί αν εκτιμηθεί και στην προκειμένη περίπτωση εκτιμάται ως καλή.

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη Εργασία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προτάσεις για συναφείς εργασίες.

Διαχείριση Δεδομένων

- Σε τέτοιου είδους εργασίες που η ποσότητα των δεδομένων είναι μεγάλη είναι αναγκαία η καλή αρχειοθέτησή τους. Ειδικά στην προκειμένη περίπτωση που τα δεδομένα χρησιμοποιούνται από πολλά άτομα και υπάρχει συνεχής ανταλλαγή δεδομένων η αρχειοθέτηση και η κωδικοποίηση αυτής πρέπει να είναι κατανοητή από όλους τους συνεργάτες.
- Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείριση δεδομένων από διαφορετικές πηγές. Αφού γίνει διαφοροποίηση με βάση την ακρίβεια και την αξιοπιστία κάθε δεδομένου, μπορούν αυτές να αποδοθούν είτε άμεσα στο τελικό προϊόν είτε έμμεσα με κάποιο παράγωγο που συνοδεύει το τελικό προϊόν. Για παράδειγμα μπορεί να συνοδεύεται από ένα κείμενο ή ένα δεύτερο μοντέλο στο οποίο ο συμβολισμός να αποδίδει ακρίβεια και αξιοπιστία.

Σχεδιαστικό μέρος

- Συνιστάται να υπάρχει εξοικείωση με το χρησιμοποιούμενο λογισμικό. Τα διάφορα προγράμματα, πλέον, παρέχουν πολλά εργαλεία για την αντιμετώπιση παρόμοιων στοιχείων με αποτέλεσμα η επιλογή του κατάλληλότερου να αποτελεί θέμα εμπειρίας. Στην προκειμένη περίπτωση η εξοικείωση γίνονταν παράλληλα με τη σχεδίαση με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται άλλοτε τα πιο ενδεδειγμένα εργαλεία και άλλοτε όχι. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα διαφορετικό αποτέλεσμα για όμοια στοιχεία, το οποίο δε δημιουργούσε ανομοιογένεια στο τελικό προϊόν, κόστιζε, όμως, πολύ σε χρόνο, καθώς επιλογή του μη βέλτιστου σχεδιαστικού εργαλείου ισοδυναμούσε με πολλαπλάσια εργασία.
- Αξίζει να σημειωθεί, επίσης, ότι η ανάπτυξη της τεχνολογίας προσφέρει συνεχώς νέες δυνατότητες στον τομέα της τρισδιάστατης Εικονικής Αναπαράστασης με αποτέλεσμα ορισμένα λογισμικά να παρέχουν πολύ καλά αποτελέσματα για τέτοιου είδους εφαρμογές. Εκτιμάται ότι η επεξεργασία θα μπορούσε να είχε γίνει και με άλλα προγράμματα, όπως το 3ds Max, πρόγραμμα της Autodesk που είναι πιο εξειδικευμένο σε τέτοιου είδους εφαρμογές. Το πρόγραμμα αυτό, δίνει ιδιαίτερα βελτιωμένα αποτελέσματα για αντικείμενα στα οποία προστίθεται υφή και προτείνεται για τέτοιου είδους αντικείμενα. Ενώ για περιπτώσεις όπως η συγκεκριμένη το AutoCAD είναι επαρκές.

- Σε ορισμένες περιπτώσεις που οι αλλαγές σχεδιαστικών λαθών οδηγούν σε χρονοβόρες διαδικασίες, προτείνεται η εξέταση του προβλήματος που δημιουργεί η παραμονή των λαθών αυτών στο τελικό σχέδιο. Διερευνάται αν το πρόβλημα είναι μικρό ή μπορεί να καλυφθεί με άλλου είδους αλλαγές, που ενδεχομένως να μην είναι οι πιο σωστές, αλλά δεν είναι τόσο χρονοβόρες.

Η συμβολή του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού στις Εικονικές Αναπαραστάσεις

Εκτιμάται ότι η συγκεκριμένη εργασία δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς τη συνεργασία Αρχαιολόγων, καθώς ο Τοπογράφος Μηχανικός δεν μπορεί να κατανοήσει και να προσεγγίσει ιστορικά σε βάθος ένα μνημείο. Επιπλέον υστερεί ως προς την εξοικείωση με την τρισδιάστατη σχεδίαση.

Δεδομένης όμως της καλής αντίληψης του χώρου και της καλής γνώσης δισδιάστατης σχεδίασης που θεωρητικά έχει ένας Τοπογράφος Μηχανικός μπορεί εύκολα με μια μικρή εκμάθηση να μεταβεί στην τρισδιάστατη σχεδίαση.

Επιπλέον, σε τέτοιες εργασίες χρησιμοποιούνται δεδομένα διαφορετικών πηγών, η αξιοποίηση των οποίων πρέπει να γίνεται κριτικά. Δεδομένου του γεγονότος ότι πολλά από αυτά τα δεδομένα είναι τοπογραφικά-φωτογραμμετρικά, ο Τοπογράφος Μηχανικός είναι κατάλληλος να τα μελετήσει και να βγάλει συμπεράσματα. Μέσω της λήψης των δεδομένων αυτών, της γνώσης των ακριβειών τους, αλλά και την ουσία του περιεχομένου τους είναι σε θέση, όχι απλά να ακολουθήσει τις οδηγίες των συνεργατών Αρχαιολόγων, αλλά και να πάρει αποφάσεις.

Εν κατακλείδι, μέσω της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας αποδεικνύεται ότι η εργασία του Τοπογράφου Μηχανικού δεν περιορίζεται κατά ανάγκη στη λήψη των δεδομένων και στην επεξεργασία αυτών για την παραγωγή τοπογραφικών – φωτογραμμετρικών προϊόντων. Η επεξεργασία μπορεί να συνεχιστεί και σε περαιτέρω επίπεδο με την κατάλληλη βοήθεια άλλων επιστημών και ατομική προσπάθεια εξοικείωσης – εκμάθησης των κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης και επίλυσης προβλημάτων και προγραμμάτων. Σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον Αρχαιολόγο ή τον Αρχιτέκτονα, μπορεί όμως να συνεισφέρει ουσιαστικά με τις γνώσεις του και να αποτελεί επάξια μέλος μιας διεπιστημονικής ομάδας που σκοπό έχει την ουσιαστική ‘ανάγνωση’ του μνημείου.

Βιβλιογραφία

- Pablo Ibáñez de Elejalde Landa, 2011, Documentación y Presentación de Parametros Verticales en Riesgo de Colapso
- Paul Bryan, Bill Blake, Jon Bedford, 2009, Metric Survey Specifications for English Heritage,
- Á. Rodríguez Miranda, J. M. Valle Melón, J. M. Martínez Montiel, 2008, 3d Line drawing from point clouds using chromatic stereo and shading
- A. Fernando de Fuentes, J.M. Valle Melón, Á. Rodríguez Miranda, 2010, Model of sources: a proposal for the hierarchy, merging strategy and representation of the information sources in virtual models of historical buildings
- Argiñe Varela Aguado, Nebai Callejo.2012, Integración de información topográfica de diversas fuentes para la confección de un plano del Monasterio de San Prudencio de Monte Laturce (La Rioja),
- José Manuel Valle Melón, Ane Lopetegi Galarraga, Álvaro Rodríguez Miranda, 2010, Problems when generating virtual models representing real objects: Hondarribia Walls

Ιστότοποι (τελευταία επίσκεψη 14/03/2012)

http://www.icomoshellenic.gr/icomos_v3/default.php?pname=international-arena-activity&la=2

http://www.international.icomos.org/natcom_eng.htm

http://www.spanishlinguist.com/extra/spain_regions_map.html

<http://www.ayuntamientodeclavijo.org/>

<http://moodletic.ehu.es/moodle/file.php/1664/docume>

<http://www.papadakismanolis.gr/index.php?lid=1>

http://www.photomodeler.com/applications/architecture_and_preservation.htm

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3192/3/triantoue_gpt7003i.pdf

<http://www.dpreview.com/reviews/canoneos5dmarkii/page2.asp>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ_1: Επισημασμένα Φωτοσταθερά

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ_2: Σφάλματα ΨΜΕ και Ορθοφωτογραφιών

Ψηφιακά Μοντέλα Επιφανείας

Για τον έλεγχο της ακρίβειας των μοντέλων χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

Απόκλιση = Πραγματικές Συντεταγμένες – Συντεταγμένες επί του μοντέλου

Η γνώση της σχέσης αυτής είναι χρήσιμη σε περίπτωση που ενδιαφέρει η διεύθυνση του σφάλματος-απόκλισης.

Ανατολικός Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)
Ανατολικός	D4_C924	-0,003	-0,008	-0,006	0,009	0,011
	D4_C925	-0,006	-0,008	0,002	0,009	0,009
	D4_C926	0,001	-0,006	-0,002	0,006	0,006
	D4_C927	-0,012	-0,016	-0,017	0,020	0,026
	D4_C929	-0,003	-0,008	-0,004	0,009	0,010
	D4_C930					
	D4_C932					
	D4_C933					
	D4_C934	0,003	0,001	0,006	0,003	0,007
	D4_C935	0,002	-0,002	0,009	0,003	0,009
	D4_C358	0,001	0,012	0,005	0,016	0,017
	D4_C359	-0,010	0,003	-0,007	0,010	0,012
	D4_C352	0,001	0,008	-0,006	0,008	0,010
					μέση απόκλιση:	0,011
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο	DX(m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)
	D4_C357	-0,002	0,018	0,006	0,018	0,019
	D4_C928	-0,014	-0,019	-0,010	0,023	0,025
	D4_C931	-0,002	-0,013	-0,010	0,013	0,013
	D4_C356	0,007	0,014	0,000	0,015	0,015
					μέση απόκλιση:	0,018

Δυτικός

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)
Δυτικός	D4_C834	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004
	D4_C838	0,003	-0,004	-0,001	0,005	0,005
	D4_C832	0,008	0,000	-0,003	0,008	0,008
	D4_C003	0,016	-0,002	-0,003	0,016	0,016
	D4_C840	-0,005	-0,004	-0,001	0,006	0,007
	D4_C841	-0,006	-0,001	0,002	0,006	0,006
	D4_C843	0,002	0,002	-0,001	0,003	0,003
	D4_C842	-0,005	0,000	0,002	0,005	0,005
	D4_C844	-0,003	-0,003	-0,003	0,004	0,005
	D4_C042	-0,002	-0,001	0,000	0,002	0,002
	D4_C902	-0,002	0,000	0,001	0,002	0,002
	D4_C903	-0,006	0,001	0,001	0,001	0,007
					μέση απόκλιση:	0,006
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο	DX(m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)
	D4_C845	0,049	0,003	0,004	0,049	0,049
	D4_C044	0,010	0,002	0,000	0,010	0,010
	D4_C043	0,008	0,002	-0,001	0,008	0,008
					μέση απόκλιση:	0,023

Νότιος Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)	
Νότιος τμήμα_1	D4_C004	-0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	
	D4_C907	0.003	-0.004	-0.004	0.005	0.007	
	D4_C041	-0.004	0.002	-0.001	0.004	0.004	
	D4_C906	-0.005	0.004	-0.001	0.007	0.007	
	D4_C008	-0.005	0.004	0.000	0.006	0.006	
	D4_C010	-0.006	0.005	0.001	0.007	0.008	
	D4_C911	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	
	D4_C902	0.000	-0.006	0.000	0.006	0.006	
	D4_C903	0.002	-0.003	0.001	0.004	0.004	
	D4_C914	-0.002	0.006	-0.001	0.006	0.006	
	D4_C915	-0.009	0.001	0.003	0.009	0.010	
	μέση απόκλιση:						0.006
	Νότιος τμήμα_2	D4_C915	-0.009	-0.004	0.006	0.010	0.012
		D4_C799	0.008	0.006	-0.008	0.001	0.013
D4_C039		0.004	0.000	-0.001	0.004	0.004	
D4_C920		-0.013	-0.002	-0.007	0.012	0.015	
D4_C037		0.000	0.007	0.000	0.007	0.007	
μέση απόκλιση:						0.010	
Νότιος τμήμα_3	D4_C313	0.005	0.011	-0.001	0.012	0.012	
	D4_C306	0.003	0.014	-0.002	0.014	0.015	
	D4_C307	0.009	-0.009	0.008	0.012	0.014	
	D4_C308	0.014	0.016	-0.008	0.022	0.023	
	D4_C923	-0.011	-0.002	0.004	0.011	0.011	
	D4_C920	-0.017	-0.014	0.001	0.022	0.022	
μέση απόκλιση:						0.016	
Κολόνα	D4_C037	-0.003	0.003	0.000	0.004	0.004	
μέση απόκλιση:						0.004	
μέση απόκλιση όλων των μερών						0.009	
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο						
		DX(m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)	
Νότιος τμήμα_1	D4_C043	0.003	0.000	0.002	0.003	0.003	
	D4_C044	0.003	0.002	0.001	0.003	0.003	
	D4_C035	0.001	-0.002	-0.006	0.003	0.007	
	D4_C038	-0.005	0.002	-0.001	0.005	0.005	
	D4_C036	-0.006	0.005	-0.001	0.008	0.008	
	D4_C910	-0.001	0.006	0.001	0.006	0.006	
	D4_C909	0.002	0.006	0.003	0.006	0.007	
	D4_C913	-0.004	0.003	0.000	0.005	0.005	
	D4_C040	-0.002	0.008	0.003	0.008	0.009	
	D4_C916	-0.011	0.005	0.004	0.012	0.013	
	mean difference						0.007
	Νότιος τμήμα_2	D4_C918	-0.015	0.001	-0.004	0.015	0.016
		D4_C917	-0.015	0.000	-0.011	0.014	0.019
		mean difference					
Νότιος τμήμα_3	D4_C305	0.002	0.005	-0.001	0.006	0.006	
	D4_C922	-0.035	0.010	-0.004	0.036	0.036	
	μέση απόκλιση:						0.021
μέση απόκλιση όλων των μερών						0.015	

Βόρειος Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)	
Βόρειος τμήμα_1	D4_636	-0,002	-0,002	0,003	0,003	0,004	
	D4_364	0,001	-0,001	-0,002	0,002	0,003	
	D4_362	0,000	0,004	0,003	0,004	0,005	
	D4_936	0,002	-0,001	0,000	0,002	0,002	
	D4_822	0,003	0,005	0,001	0,006	0,006	
	D4_933	0,002	-0,002	-0,001	0,003	0,003	
	D4_934	0,003	-0,001	0,000	0,003	0,003	
	D4_636	-0,002	-0,002	-0,003	0,003	0,004	
	D4_935	0,007	0,006	-0,004	0,009	0,010	
	D4_011	-0,001	0,005	0,000	0,005	0,005	
	D4_825	-0,001	-0,001	0,002	0,001	0,002	
	D4_826	-0,001	-0,002	-0,003	0,002	0,004	
	D4_828	0,006	-0,002	0,001	0,007	0,007	
	D4_827	0,002	-0,001	-0,003	0,002	0,003	
	D4_824	0,001	0,001	-0,002	0,001	0,002	
	D4_823	0,003	-0,005	-0,004	0,006	0,007	
	D4_367	0,000	-0,006	-0,002	0,006	0,006	
	D4_368	0,003	-0,004	-0,002	0,005	0,005	
					μέση απόκλιση:		0,005
	Βόρειος τμήμα_2	D4_825	0,000	0,001	-0,003	0,001	0,003
D4_826		-0,001	0,002	0,004	0,002	0,005	
D4_828		0,008	0,000	0,000	0,008	0,008	
D4_827		0,003	-0,001	-0,003	0,003	0,004	
D4_831		0,003	-0,004	-0,002	0,005	0,005	
D4_372		0,000	0,003	-0,002	0,003	0,003	
D4_373		0,002	-0,001	-0,002	0,002	0,003	
D4_374		0,002	-0,002	-0,002	0,003	0,004	
D4_829		0,004	-0,002	-0,001	0,004	0,004	
					μέση απόκλιση:		0,004
				μέση απόκλιση:		0,005	
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο	DX(m)	DY(m)	DZ(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	Κεκλιμένη απόσταση (m)	
Βόρειος τμήμα_2	D4_011	0,003	-0,002	-0,004	0,004	0,005	
					μέση απόκλιση:	0,005	

Ορθοφωτογραφίες

Για τον έλεγχο της ακρίβειας των ορθοφωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

Απόκλιση = Συντεταγμένες επί ορθοφωτογραφίας - Πραγματικές Συντεταγμένες

Ανατολικός Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	
Ανατολικός	D4_C924	-0,020	0,007	0,021	
	D4_C925	-0,018	0,002	0,019	
	D4_C926	-0,018	0,004	0,018	
	D4_C927	-0,023	0,016	0,028	
	D4_C929	-0,015	0,005	0,016	
	D4_C934	-0,001	0,007	0,007	
	D4_C935	0,000	0,008	0,008	
	D4_C359	-0,014	0,005	0,015	
	D4_C352	0,004	0,005	0,006	
			μέση απόκλιση:		0,015
		Μη χρησιμοποιούμενο σημείο			
	D4_C928	-0,023	0,010	0,026	
	D4_C931	-0,015	0,005	0,016	
	D4_C356	0,002	0,002	0,003	
	D4_C357	0,010	0,008	0,001	
		μέση απόκλιση:		0,011	

Δυτικός Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	Οριζόντια απόσταση (m)	
Δυτικός	D4_C837	-0,003	-0,001	0,003	
	D4_C834	-0,003	0,001	0,003	
	D4_C838	-0,001	-0,003	0,003	
	D4_C832	-0,005	0,002	0,006	
	D4_C003	-0,002	0,002	0,003	
	D4_C840	-0,005	0,000	0,005	
	D4_C841	0,007	-0,005	0,005	
	D4_C843	-0,003	-0,003	0,004	
	D4_C842	-0,002	0,001	0,002	
	D4_C844	-0,006	0,001	0,006	
	D4_C042	-0,000	-0,001	0,001	
	D4_C902	-0,000	-0,001	0,001	
	D4_C903	0,001	-0,001	0,002	
			μέση απόκλιση:		0,003
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο				
	D4_C845	0,000	-0,007	0,007	

Νότιος Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX (m)	DY(m)	Οριζόντια απόσταση (m)
Νότιος τμήμα 1	D4_C906	-0.004	-0.003	0.005
	D4_C907	0.002	0.002	0.003
	D4_C911	0.002	-0.003	0.004
	D4_C036	-0.005	-0.002	0.006
	D4_C914	-0.001	-0.001	0.001
	D4_C902	-0.006	-0.009	0.011
	D4_C903	-0.001	-0.005	0.005
	D4_C008	-0.004	0.001	0.004
	D4_C004	-0.002	0.001	0.002
	D4_C041	-0.006	-0.003	0.006
D4_C010	-0.002	-0.002	0.003	
		η απόκλιση:		0,005
Νότιος τμήμα 2	D4_C915	0.005	-0.005	0.007
	D4_C916	-0.006	-0.004	0.007
	D4_C920	-0.025	-0.016	0.029
	D4_C039	0.000	-0.003	0.003
	D4_C799	0.026	-0.002	0.026
	D4_040	0.003	-0.007	0.007
		μέση απόκλιση:		0,013
Νότιος τμήμα 3	D4_C302	-0.002	0.001	0.002
	D4_C313	0.000	-0.008	0.008
	D4_C306	0.007	-0.011	0.013
	D4_C307	0.019	0.003	0.019
	D4_C308	0.023	0.000	0.023
D4_C923	-0.002	-0.007	0.008	
Κολόνα (Νοτιος τοίχος)	D4_C037	-0.008	-0.002	0.008
			μέση απόκλιση:	0,012
			μέση απόκλιση όλων των μερών	0,011
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο			
Νότιος τμήμα 1	D4_C043	-0.002	0.001	0.002
	D4_C044	0.002	-0.002	0.002
	D4_C035	-0.004	0.001	0.004
	D4_C909	0.005	0.003	0.004
	D4_C910	0.001	-0.003	0.003
	D4_C913	-0.003	0.002	0.004
	D4_C038	-0.006	-0.002	0.006
		μέση απόκλιση:		0,004
Νότιος τμήμα 2	D4_C917	-0.020	0.004	0.020
	D4_C918	-0.010	0.001	0.010
			μέση απόκλιση:	0,015
Νότιος τμήμα 3	D4_C305	0.002	-0.007	0.007
	D4_C921	-0.031	-0.008	0.027
	D4_C922	-0.031	-0.008	0.032
		μέση απόκλιση:		0,022
			μέση απόκλιση όλων των μερών	0,014

Βόρειος Τοίχος

Τοίχος	Σημείο	DX(m)	DY(m)	Οριζόντια Απόσταση (m)	
Βόρειος_τμήμα_1	D4_636	0,006	-0,001	0,006	
	D4_936	0,004	-0,002	0,004	
	D4_822	0,003	-0,003	0,005	
	D4_824	0,005	-0,001	0,005	
	D4_823	0,003	0,001	0,003	
	D4_367	0,002	0,001	0,003	
	D4_368	-0,002	0,001	0,002	
	D4_011	-0,003	-0,003	0,004	
				μέση απόκλιση	0,004
Βόρειος_τμήμα_2	D4_831	-0,003	-0,001	0,003	
	D4_374	-0,005	0,002	0,009	
	D4_829	-0,004	-0,002	0,005	
	D4_828	-0,004	-0,002	0,005	
	D4_827	-0,001	-0,001	0,002	
	D4_826	-0,001	-0,004	0,004	
	D4_825	0,000	-0,004	0,004	
	D4_830	-0,004	-0,001	0,004	
				μέση απόκλιση	0,004
			Μέση απόκλιση όλων των μερών	0,004	
	Μη χρησιμοποιούμενο σημείο				
	D4_372	-0,006	0,008	0,010	